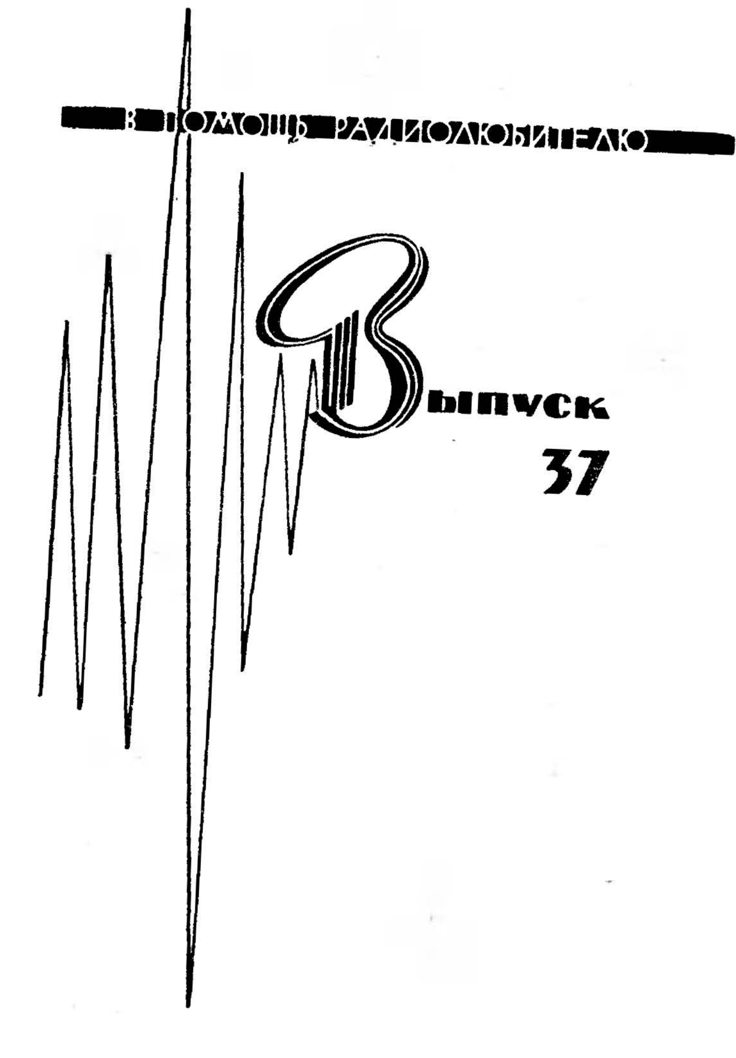


ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ
Москва — 1971

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

А. Баев

В последнее время все большее распространение получают электромузыкальные инструменты. При изготовлении для них акустических систем у радиолюбителей часто возникают трудности в оформлении акустических агрегатов, так как не всегда имеется подходящий материал и инструмент.

Радиола «Ригонда» имеет широкополосную акустическую систему, состоящую из двух мощных динамиков типа 4ГД-28 и двух — типа 1ГД-28, и успешно может использоваться для воспроизведения звука электромузыкальных инструментов. Однако мощность имеющегося в радиоле усилителя низкой частоты для этого недостаточна.

В бытовых условиях для высококачественного воспроизведения звука электромузыкальных инструментов требуется усилитель низкой частоты мощностью 8—10 *вт* с широкой полосой частот усиления (30—12 000 *гц*) и малым уровнем фона.

На рис. 1 представлена принципиальная схема усилителя низкой частоты, имеющего выходную мощность 10 *вт* и полосу эффективно воспроизводимых частот от 30 до 15 000 *гц* с неравномерностью частотной характеристики 1 *дб*. Пунктиром на схеме обозначены элементы принципиальной схемы радиолы «Ригонда».

Благодаря применению раздельного питания оконечных и предварительных каскадов усиления, а также хорошей фильтрации выпрямленных напряжений фон переменного тока практически не прослушивается.

Радиола «Ригонда» при установке в ней двухтактного мощного усилителя (описанного в данной статье) имеет значительно лучшее качество звучания при вос-

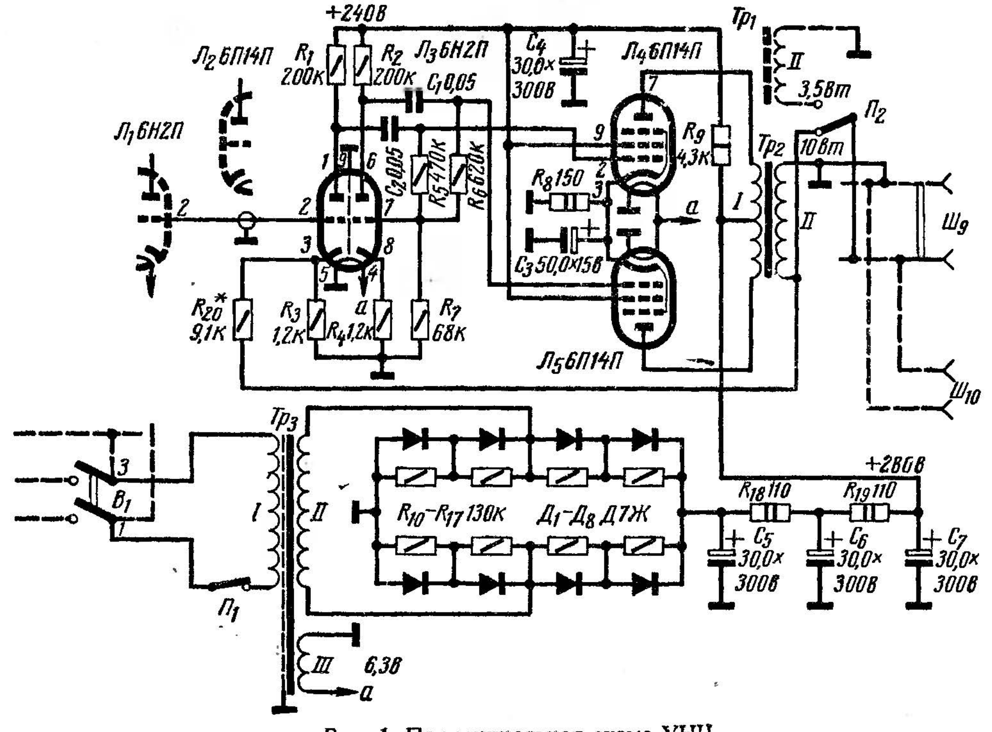


Рис. 1. Принципиальная схема УНЧ

произведении грамзаписи, магнитной записи и приеме радиостанций, особенно в диапазоне УКВ.

Мощность, потребляемая усилителем, составляет 55 *вт*.

Принципиальная схема. Усилитель состоит из самобалансирующегося фазоинвертора, двухтактного выходного каскада и выпрямителя.

Для предварительного усиления сигнала используются два каскада радиолы «Ригонда», выполненные на лампе $Л_1$. В этих же каскадах осуществляется высокоэффективная раздельная регулировка низких и высоких частот усиления.

Напряжение со второго каскада предварительного усилителя (лампа $Л_1$, ножка *2*) поступает на сетку левого (по схеме) триода лампы $Л_3$ типа 6Н2П. С нагрузки этого триода усиленный сигнал подается на управляющую сетку выходной лампы $Л_4$ типа 6П14П, а через делитель R_5, R_7 — на сетку правого триода лампы $Л_3$. С нагрузки правого триода напряжение поступает на сетку второй выходной лампы $Л_5$ типа 6П14П.

Усилитель охвачен сильной отрицательной обратной связью, напряжение которой снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора $Тр_2$ и через резистор R_{20} подается в цепь катода левого (по схеме) триода лампы $Л_3$. Кроме того, во все каскады, за исключением оконечного, введена местная отрицательная связь по току.

Выпрямитель усилителя собран по обычной мостовой схеме на германиевых диодах $Д_1$ — $Д_8$ типа Д7Ж. Сглаживающий фильтр типа *R, C*.

Конструкция и детали. Усилитель смонтирован на алюминиевом шасси размером 270×100×25 *мм*. Фазоинвертор размещен дальше от трансформатора питания $Тр_3$, а лампа $Л_3$ экранирована.

Усилитель размещен на дне ящика акустической системы радиолы (рис. 2). Для устранения опасности возникновения «микрофонного эффекта» шасси закреплено на резиновых шайбах.

Трансформатор $Тр_3$ собран на сердечнике из пластин Ш-20, толщина набора 50 *мм*, окно- (17×54) $мм^2$. Сетевая обмотка *I* содержит 900 витков провода ПЭЛ 0,35; анодная *II* — 940 витков провода ПЭЛ 0,29; накальная

III — 28 витков провода ПЭЛ 1,0; экранная обмотка — один ряд провода ПЭЛ 0,1. Для накала лампы $Л_3$ желательно намотать IV обмотку — 13×2 витков провода ПЭЛ-0,51.

Выходной трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-19, толщина набора 35 *мм*, окно 17×46 *мм*². Первичная обмотка содержит 1300×2 витков провода ПЭЛ 0,17; вторичная — 90×3 витков провода ПЭЛ 0,51. Схема намотки и соединения секций обмоток

Рис. 2. Размещение усилителя на дне ящика радиолы

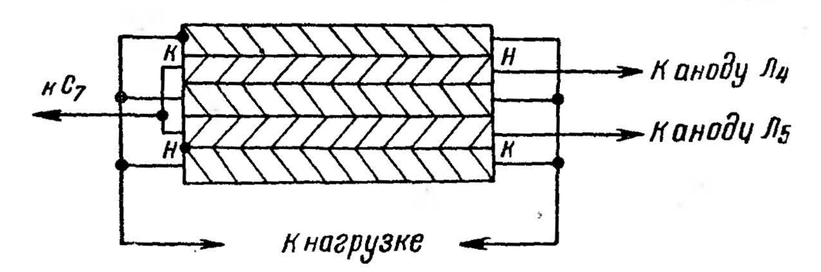


Рис. 3. Схема намотки и соединения секций обмоток

показана на рис. 3. Между секциями проложено 5—6 слоев кальки. Сборка железа в перекрышку.

Тумблер ($П_1$, $П_2$) закреплен на шасси радиолы, в картонной задней стенке для него сделан вырез.

Налаживание. Правильно собранный усилитель не требует наладки. Номиналы деталей фазоинвертора подобраны так, что неравенство напряжений на управляющих сетках ламп выходного каскада определяется погрешностью резисторов R_5 и R_7. Если в распоряжении радиолюбителя окажется электронный осциллограф, то, измеряя им напряжения на управляющих сетках, можно более точно установить равенство напряжений подбором сопротивления резистора R_7. На вход усилителя можно подавать выпрямленное напряжение 50 *гц* через делитель.

В случае возбуждения усилителя необходимо поменять концы вторичной обмотки выходного трансформатора.

При подключении усилителя существенных переделок радиолы не требуется, только вторичную обмотку выходного трансформатора радиолы $Тр_1$ отпаять от гнезда $Ш_9$ и припаять к переключателю $П_2$ (см. рис. 1).

В случаях, когда не требуется большая выходная мощность, а также с целью уменьшения потребляемой электроэнергии и увеличения срока службы радиоламп, УНЧ можно отключать переключателями $П_1$ и $П_2$ (тумблер типа ТП1-2). При этом $П_1$ отключает питание усилителя, а $П_2$ подсоединяет акустическую систему к имеющемуся в радиоле УНЧ.

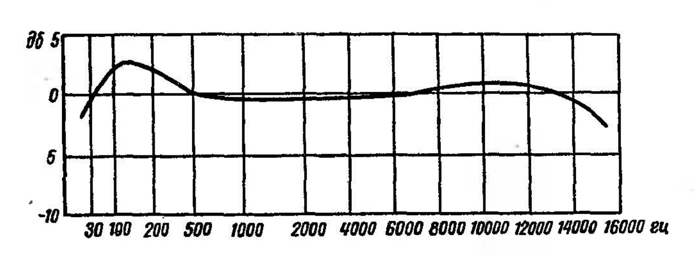


Рис. 4. Частотная характеристика УНЧ

Когда радиола работает только с мощным УНЧ, лампу $Л_2$ (выходную лампу УНЧ радиолы) целесообразно вынуть из панельки.

При питании радиолы от сети напряжением 220 *в* предохранитель 0,5 *а* необходимо заменить на 1 *а*, так как мощность, потребляемая радиолой после установки в ней усилителя, составляет 90 *вт* (при неработающем двигателе проигрывателя).

Максимальная выходная мощность (при коэффициенте нелинейных искажений не более 1%) на эквиваленте нагрузки составляет 11 *вт*.

Частотная характеристика УНЧ приведена на рис. 4.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАДИОПРИЕМНИКА «РЕКОРД-53»

В. Романов

Ниже читателям предлагается несложная переделка радиоприемника выпуска 1953—1955 гг. типа «Рекорд-53». Переделке подверглись в основном детектор и усилитель низкой частоты приемника. Добавлено несколько конденсаторов и резисторов, заменен громкоговоритель.

Все вновь установленные радиодетали, за исключением конденсатора C'_{11}, имеют небольшие размеры и закреплены на монтажной планке в подвале шасси. Прежний громкоговоритель снят и установлен новый типа 2ГД-3, создающий большое звуковое давление.

В результате переделки снижены нелинейные искажения сигнала при детектировании, расширена полоса частот после детектирования, уменьшены нелинейные искажения и скорректирована частотная характеристика усилителя низкой частоты с целью получения оптимального качества звучания.

На рис. 1 приведена часть схемы приемника, которая подвергалась переделке (изменения в схеме показаны более жирными линиями, а вновь установленные элементы отмечены штрихом, например R'_1, C'_1 и т. д.).

Переделка детектора заключается в подборе сопротивления резистора R'_1 и емкости конденсатора C'_1. Эти элементы выбирают с учетом следующих требований: максимальной передачи напряжения; минимальных частотных и нелинейных искажений; максимального вход-

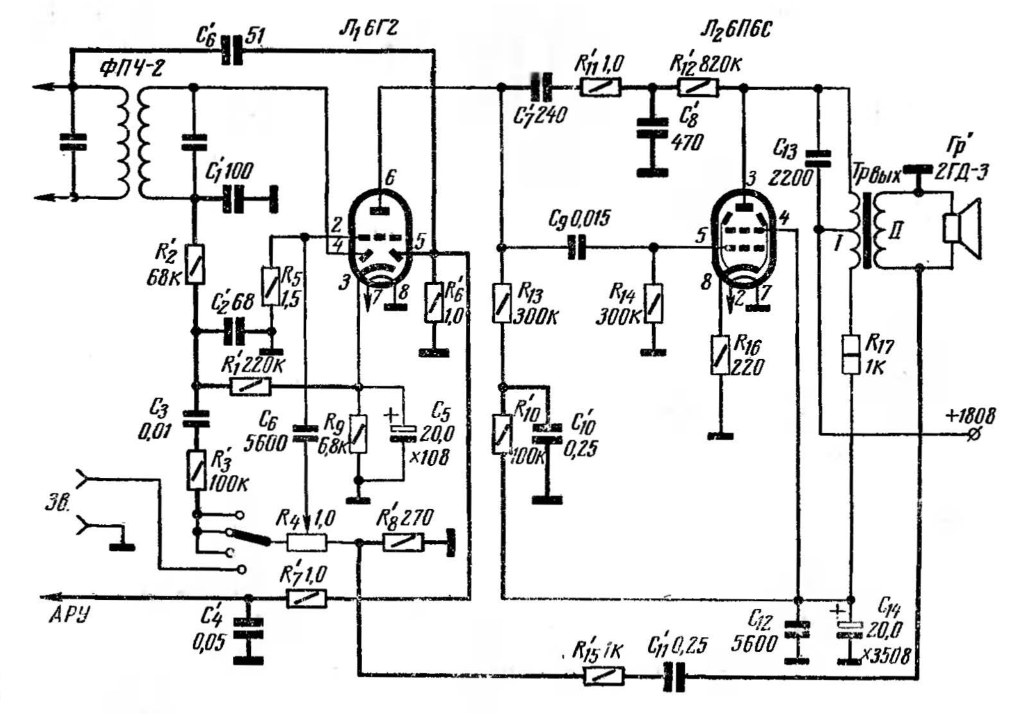


Рис. 1. Принципиальная схема радиоприемника «Рекорд-53»

ного сопротивления детектора; минимального напряжения высокой частоты на выходе детектора.

Коэффициент передачи детектора возрастает с увеличением сопротивления резистора R'_1, но брать его очень большим нельзя, так как сопротивление конденсатора C'_1 на звуковой частоте будет приблизительно равно сопротивлению резистора R'_1 и частотная характеристика в области верхних частот будет «завалена». Уменьшить емкость конденсатора C'_1 можно только до известных пределов (не менее 50 *пф*). При слишком малом сопротивлении резистора R'_1 получаются большие нелинейные искажения, уменьшается входное сопротивление детектора и снижается коэффициент передачи напряжения.

В схеме детектора, которая применена в приемнике, трудно получить удовлетворительный компромисс перечисленных выше требований, и поэтому в нее внесены некоторые изменения. Резистор R'_2 и конденсатор C'_2 образуют фильтр, не пропускающий на сопротивление нагрузки детектора (резистор R'_1) токи высокой частоты. Резистор R'_3 и конденсатор C_3 выравнивают соотношение между сопротивлениями нагрузки (резисторами $R'_1 + R'_2$ и R_4) по постоянному и переменному токам.

Нелинейные искажения в детекторе возникают из-за неравенства сопротивлений его нагрузки постоянному и переменному токам звуковой частоты: искажения тем больше, чем больше эта разница. Если разница равна 20%, то при 100-процентной модуляции нелинейные искажения могут быть меньше 5%.

При данном сопротивлении нагрузки детектора ($R'_1 + R'_2 = 288$ *ком*) диапазон звуковых частот расширяется (составляет больше 10 *кгц*), и принимаемый сигнал радиовещательной станции ограничивается только полосовыми фильтрами промежуточной частоты.

Несколько изменена схема автоматической регулировки усиления. На правый диод лампы $Л_1$ подается напряжение промежуточной частоты через конденсатор C'_6. Включены резисторы R'_6 и R'_7 и конденсатор C'_4. Это устраняет влияние сигнала звуковой частоты на напряжение АРУ.

В усилитель низкой частоты введена отрицательная обратная связь (C'_{11}, R'_{15}, R'_8) с выходного трансформато-

ра на сетку первой лампы и местная обратная связь (R'_{12}, C'_8, R'_{11}. C'_7) в оконечном каскаде усилителя. Подбором величин элементов этих цепей произведена коррекция частотной характеристики усилителя для работы с новым громкоговорителем.

Как известно, при передаче по радио частотный диапазон при амплитудной модуляции составляет от 40—50 *гц* до 4—5 *кгц*. При восприятии передачи на слух сужение полосы со стороны низких частот придает тембру резкий металлический оттенок, а со стороны высоких частот — глухой тембр. Если же сузить полосу одновременно с обеих сторон, то ухудшение тембра будет незначительно.

Замечено также, что искажения звучания менее ощутимы, если монотонные спады частотной характеристики расположены по краям частотного диапазона звука (см. рис. 4). Наименьшие искажения звучания получаются, если спады и подъемы на краях частотного диапазона (100—120 *гц* и 4000—6000 *гц*) будут не более $+3$ *дб* и ± 1 *дб* в средней его части (180—3500 *гц*).

Обычно нелинейные искажения на слух воспринимаются как дребезжание, хрипы и изменения тембра. Они являются наиболее важным качественным показателем всего тракта звукопередачи от детектора до громкоговорителя. Допустимые нелинейные искажения для высокого класса качества систем звукопередачи и воспроизведения лежат в пределах от 1,2 до 6% на разных частотах и уровнях громкости. Это объясняется физиологическими особенностями нашего слуха. Наибольшая чувствительность уха к нелинейным искажениям определена в области примерно 300—3000 *гц*. Поэтому в схему введена цепь местной обратной связи (элементы C'_7, R'_{11}, C'_8, R'_{12}), уменьшающая нелинейные искажения усилителя в полосе частот 200—2500 *гц*. Частотная характеристика цепи обратной связи приведена на рис. 2, а оконечного каскада усилителя с обратной связью — на рис. 3.

Окончательная коррекция частотной характеристики всего усилителя (рис. 4) осуществляется общей отрицательной обратной связью (C'_{11} R'_{15}, R'_8,) и искусственным увеличением сопротивления нагрузки (резистор R'_{10}) в цепи анода лампы $Л_1$ предварительного каскада. Кон-

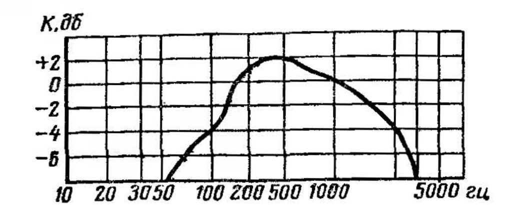


Рис. 2. Частотная характеристика цепи обратной связи

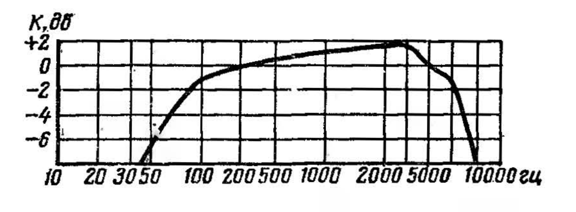


Рис. 3. Частотная характеристика оконечного каскада

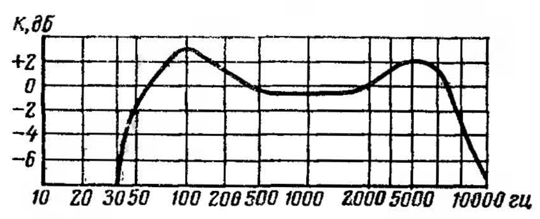


Рис. 4. Результирующая частотная характеристика всего усилителя

денсатор C'_{10} шунтирует этот резистор на средних и высоких частотах.

Основной подъем характеристики в области низких частот осуществляет громкоговоритель типа 2ГД-3, резонансная частота которого находится в пределах 100 *гц*. Если же резонансная частота громкоговорителя будет равна 80 *гц*, то области высоких частот характеристики нужно «поднять», уменьшив емкость конденсатора C'_8.

ЭЛЕКТРОННАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ ЭКЗАМЕНУЮЩАЯ МАШИНА

В. Ринский

В учебно-методической и радиолюбительской литературе описано значительное количество обучающих и кон-

тролирующих машин различной степени сложности. Большинство из них построено на электромеханических элементах: реле и шаговых искателях, которым присущ ряд недостатков, в том числе малая экономичность и невысокая надежность, шум во время работы, большой вес и габаритные размеры. Вследствие этого подобные машины, как правило, представляют собой стационарные устройства с питанием от электросети, устанавливаемые в специальных кабинетах учебных заведений. Для оперативного контроля знаний учащихся непосредственно в классах, аудиториях и лабораториях необходимы малогабаритные, экономичные и надежные машины. Наиболее перспективными в этом отношении являются машины на бесконтактных элементах: транзисторах, тиратронах с холодным катодом, ферритовых сердечниках и др.

При разработке описываемой ниже конструкции была поставлена цель создать электронную малогабаритную машину для индивидуального контроля и самоконтроля знаний в условиях общеобразовательных школ. Это в значительной мере определило требования не только к техническим характеристикам машины, но и к схемным и конструктивным решениям. Для повышения надежности и упрощения наладки машины применена схема, состоящая из идентичных независимых ячеек, осуществляющих логическую функцию «ИЛИ». При работе машины в помещении без специальной электропроводки с целью абсолютной безопасности ее эксплуатации предусмотрено автономное питание от внутренней батареи.

Отличительной схемной особенностью машины является применение в ячейках триггеров на транзисторах с дополнительной симметрией. В конструктивном отношении машина отличается системой смены программ, осуществляемой с помощью так называемых сменных линеек ввода, которые позволяют получать большое количество вариантов программ без специальных коммутирующих элементов.

Основные характерпстики машииы. Количество вопросов — до 5 включительно.

Вид ответов — выборочный, численный или численно-кодированный.

Численный ответ (или код ответа) представляется не более чем пятизначной комбиииацией цифр 1, 2, 3, 4, 5.

Чнсло выборочных ответов на каждый вопрос — 5.

Смена программ осуществляется перестановкой сменных линеек

ввода. Комплект из пяти линеек обеспечивает 120 вариантов программ.

Ввод ответов производится нажатием кнопок.

Индикация правильных и неправильных ответов на каждый вопрос осуществляется по светящимся лампочкам.

Подбор ответов поочередным нажатием кнопок исключается.

В случае неправильного ответа возможно (но необязательно) сообщение правильного ответа на любой вопрос.

Сброс показаний индикаторов и выключение машины производятся ключом, введение которого в машину возможно только при нарушении целости пломбы, опечатывающей машину.

Машина питается от внутренней батареи (2 элемента от батареи типа КБС-Л-0,5). Возможно питание машины (или нескольких машин) от внешнего источника постоянного тока напряжением 2,5—3 *в*.

Габаритные размеры машины — 114×72×38 *мм*.

Вес с источником питания — 260 *г*.

Принцип действия. Машина состоит из функциональных устройств: установки программы, ввода ответов, памяти, индикации ответов и питания. Основную часть электрической схемы машины составляют устройства памяти и индикации.

В качестве запоминающих ячеек применены триггеры на транзисторах с дополнительной симметрией (рис. 1). При включении напряжения питания (кнопка *Кн* замкнута) оба транзистора заперты. Отрицательный импульс, поступающий с устройства ввода на базу транзистора T_2, отпирает оба транзистора (после чего управляющее действие базы прекращается).

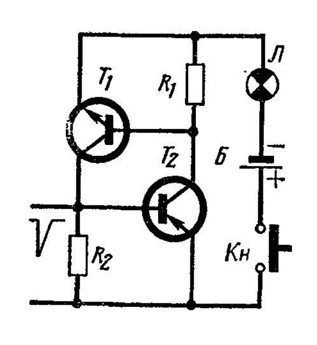


Рис. 1. Триггерная ячейка

Транзисторы остаются в отпертом состоянии неограниченно долго (даже при поступлении с устройства ввода новых импульсов) благодаря гальванической связи, существующей между ними. Протекающий через отпертые транзисторы ток вызывает свечение индикаторной лампочки *Л*. Для возврата триггера в исходное состояние необходимо кратковременно разомкнуть цепь питания кнопкой *Кн*.

Данная схема триггера обладает рядом преимуществ, обусловивших ее применение в описываемой машине. Запертые транзисторы практически не потребляют энер-

гии, а в отпертом состоянии общий ток, протекающий через индикаторную лампу, представляет собой сумму токов двух коллекторных переходов, что позволяет, учитывая малое сопротивление отпертых транзисторов, длительно пропускать через триггер ток порядка 50—100 *ма*. Благодаря этому отпадает необходимость в усилительных транзисторах и повышается экономичность машины. При предельной простоте схемы триггера он способен работать в широком температурном диапазоне. Поскольку транзисторы работают в режиме переключения, то схема некритична и к изменениям напряжения питания, что обеспечивает нормальную работу машины при частичном разряде батареи в процессе ее эксплуатации.

Принципиальная схема. Машина содержит 5 одинаковых блоков. Принципиальная схема одного из блоков приведена на рис. 2. Блок состоит из двух триггерных ячеек, управляемых кнопками $Кн_1$ — $Кн_5$, которые соединяются с блоком при помощи разъема.

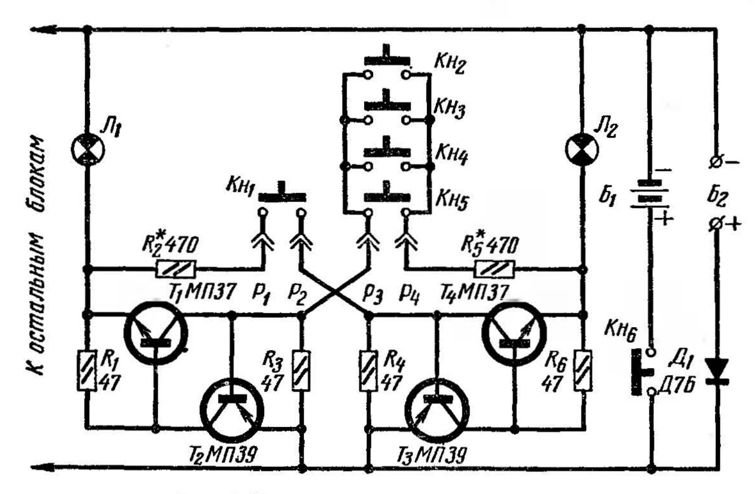


Рис. 2. Принципиальная схема машины

В исходном состоянии все транзисторы заперты, и напряжения на эмиттерах транзисторов T_1 и T_4 близки к напряжению источника питания, причем индикаторные лампочки $Л_1$ и $Л_2$ не светятся. При нажатии, например, одной из кнопок неправильных ответов $Кн_2$ — $Кн_5$ отрицательное напряжение с эмиттера транзистора T_4 через

резистор R_5 поступает на базу транзистора T_2. Под воздействием этого напряжения транзисторы T_1, T_2 отпираются, загорается лампочка $Л_1$, сигнализирующая о неправильном ответе. Попытки «исправить» ответ поочередным нажатием других кнопок (в том числе и кнопки правильного ответа $Кн_1$) не дадут результата, так как напряжение на эмиттере отпертого транзистора T_1 близко к нулю. В этом случае нажатие на кнопку $Кн_1$ не повлечет за собой отпирания транзисторов T_3, T_4 и индикатор правильного ответа — лампочка $Л_2$ не загорится.

Аналогично работают и остальные блоки, которые независимы друг от друга, что позволяет отвечать на предлагаемые вопросы в произвольном порядке.

В исходное состояние транзисторы возвратятся только при введении в машину специального ключа, который нажимает на кнопку $Кн_6$, разрывающую цепь питания транзисторов. В нерабочем состоянии ключ вставлен в машину, и разомкнутая кнопка $Кн_6$ обесточивает схему, выполняя, таким образом, функции выключателя питания.

Машина может питаться от внешнего источника постоянного тока $Б_2$ напряжением 2,5—3*в*, при этом внутренняя батарея $Б_1$ играет роль буферной. Отключение внешнего источника не сопровождается сбросом показаний индикаторов, поскольку схема продолжает питаться от внутренней батареи. Сброс показаний невозможен и путем умышленной перемены полярности внешнего источника или закорачивания зажимов $Б_2$, так как последовательно с ними включен диод $Д_1$.

Детали и конструкция. В машине используются 10 транзисторов с проводимостью *n-p-n* (типа МП37 или МП38) и 10 транзисторов с проводимостью *p-n-p* (типа МП39 или МП40—МП42). Все транзисторы имеют коэффициенты усиления $B=15—20$. Использование транзисторов с бо́льшим усилением возможно, но нецелесообразно, так как не дает каких-либо преимуществ.

В качестве $Д_1$ пригоден любой германиевый плоскостной диод, например, типа Д7А — Д7Ж. Допустимо включение в схему кремниевого диода типа Д226, однако падение напряжения на нем достигает 1 *в*, что необходимо иметь в виду при питании машины от внешнего источника тока.

Резисторы типа УЛМ или фирмы «Тесла». Габарит-

ные размеры монтажной платы позволяют устанавливать на ней также и резисторы МЛТ-0,25 и даже МЛТ-0,5.

Источник питания — внутренняя батарея $Б_1$ — состоит из двух элементов от батареи типа КБС-Л-0,5 или КБС-Х-0,7, соединенных последовательно. Габаритные размеры монтажной платы и корпуса машины позволяют использовать в ней также и другие источники питания. Наилучшим заменителем названных выше элементов являются аккумуляторы типа ЦНК-0,45. Можно использовать элементы типа 332 (ФМЦ-0,25), однако их емкость невелика (0,25 ампер-часа). Но с другой стороны, преимуществом этих элементов является их невысокая стоимость.

Индикаторами правильных и неправильных ответов служат 10 миниатюрных ламп накаливания типа Э-34, которые можно приобрести в магазинах медицинского оборудования. Вместо них можно с успехом использовать лампочки типа ЛЭ на 2,5 *в* и ток 0,075 *а* или типа ЛЭ на 1 *в* и ток 0,075 *а*. Но в этом случае элементы батареи $Б_1$ соединяются параллельно, что увеличивает срок их службы вдвое, а сопротивления резисторов R_2 и R_5 должны быть уменьшены в 1,5—2 раза по сравнению с указанными на рис. 2. Окончательная величина их подбирается при налаживании машины.

Монтажную плату машины размерами 105×66×2 *мм* изготовляют из гетинакса или текстолита. Разметку производят согласно рис. 3 на координатной сетке с шагом 1 *мм* (миллиметровая бумага). Наклеив предварительно размеченную миллиметровку на лист гетинакса, слегка накернивают центры отверстий и вершины прямоугольных окон в самой плате. После обрезки гетинакса по внешнему контуру платы бумагу удаляют.

Разметив чертилкой окна под элементы, выпиливают их с некоторым припуском лобзиком, а затем доводят до линий разметки напильником. 20 отверстий диаметром 2,5 *мм* предназначены для крепления в них штырьков от цоколей негодных радиоламп, которые будут штыревыми частями разъемов P_1 — P_4. Еще два отверстия диаметром 2,5 *мм* служат для установки зажимов подключения внешнего источника $Б_2$.

60 отверстий диаметром 1,5 *мм* необходимы для крепления в них выводов транзисторов и резисторов.

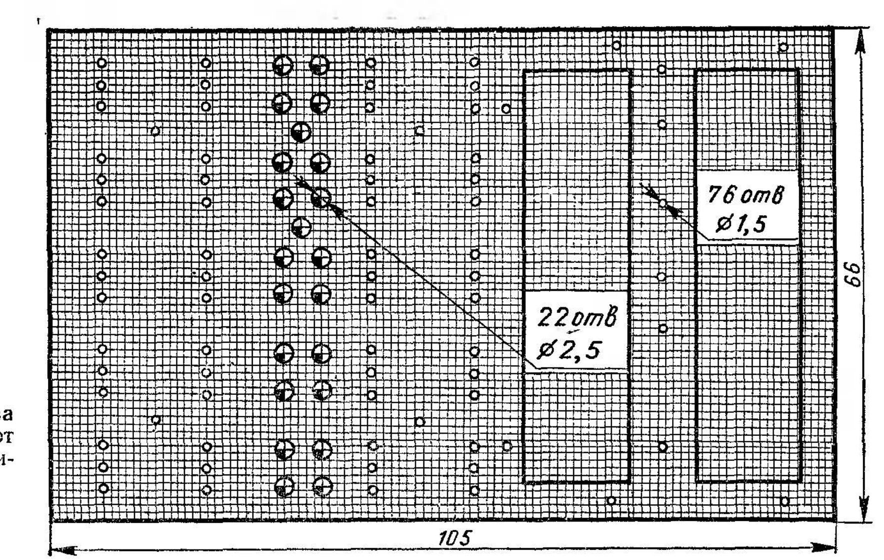


Рис. 3. Монтажная плата. Два прямоугольных окна имеют размер 56×15 *мм*, шаг координатной сетки равен 1 *мм*

Остальные 16 отверстий служат для крепления двух держателей ламп накаливания, кнопки сброса $Кн_6$ и четырех токосъемников батареи $Б_1$. Эти детали крепят пустотелыми пистонами, а при отсутствии их — заклепками, изготовленными из 1,2-*мм* проволоки.

Кнопка сброса показаний $Кн_6$ изготовлена из укороченных контактных пружин от реле, которые должны быть настолько жесткими, чтобы нормально замкнутый контакт не нарушался при сильном сотрясении машины. Устройство кнопки $Кн_6$ и ключа сброса показано на рис. 4. Ключ выпиливают лобзиком из гетинакса или текстолита. При введении ключа в направлении, указанном на рис. 4 стрелкой, он размыкает $Кн_6$, и цепь батареи $Б_1$ разрывается.

Токосъемники для батареи $Б_1$ и держатели индикаторных ламп изготовляют из листовой латуни. Устройство их несложно (см. рис. 9 и 10) и не требует подробных пояснений.

Роль зажимов для подключения внешнего источника тока выполняют две латунные колонки высотой 15 *мм*, снабженные внутренней резьбой М2.

Сменные линейки ввода (рис. 5) имеют упругие контакты *1—4*, являющиеся гнездовыми частями разъемов $Р_1$ — $Р_4$. Они закреплены в отверстиях *5* гетинаксовой пластинки *6* размерами 105×12×2 *мм* и жесткими проводниками *7* соединены с пружинами *8*. Последние совместно с утолщенными пайками *9* образуют кнопки $Кн_1$ — $Кн_5$. Для наблюдения за свечением индикаторных ламп $Л_1$ и $Л_2$ служат соответственно отверстия *10* и *11*, причем в первое из них может помещаться листок бумаги с номером правильного ответа или численным (кодовым) значением ответа. Однако прочитать написанную на бумаге цифру можно только от света загоревшейся лампочки $Л_1$, т. е. после ввода неправильного ответа. Так, например, на линейке, показанной на рис. 5, *а*, правильному ответу соответствует четвертая, считая слева, кнопка, и на листке должна быть написана цифра «4».

Остальные линейки комплекта выполнены аналогично, за исключением порядка соединения кнопок с контактами *1—4*. Для полной взаимозаменяемости линеек необходима их совместная обработка согласно рис. 5, *б*. В случае изготовления нескольких экземпляров маши-

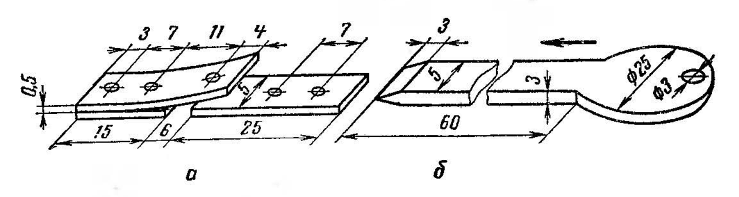


Рис. 4. Кнопка (*а*) и ключ (*б*) сброса

Рис. 5. Сменная линейка ввода: *а* — линейка в сборе; *б* — пластинка *6* (гетинакс) — 5 шт; *в* — контакты *1—4* (бронза — 20 шт.; *г* — пружина *8* (бронза) — 25 шт.

ны рекомендуется применение металлического шаблона-кондуктора.

Под контакты *1—4* в пластинке сверлят отверстия диаметром 2,8 *мм*, которые затем опиливают надфилем по размеру контактов. Сами контакты изготовлены из нагартованной латуни или бронзы (рис. 5, *в*).

Пружины кнопок $Кн_1$ — $Кн_5$ вырезают из листовой бронзы (рис. 5, *г*).

После подгонки отверстий в пластинке *6* и установки контактов *1—4* следует проверить точность их сочленения со штырьками монтажной платы. Каждая линейка должна легко, без излишних усилий, устанавливаться на любую из пяти групп штырьков. Наличие надежного контакта в разъемах *1—4* проверяется омметром или пробником.

По окончании механической обработки линеек производят электрическое соединение контактов *1—4* с кнопками ввода, причем во избежание взаимного пересечения проводников *7* их прокладывают с обеих сторон линейки (см. рис. 5, *а*). После пайки всех соединений проводники смазывают клеем БФ-2 и сушат при комнатной температуре в течение суток.

Для нажатия кнопок $Кн_1$ — $Кн_5$ применяется стержень-указка (рис. 6). Изготовить его можно из укоро-

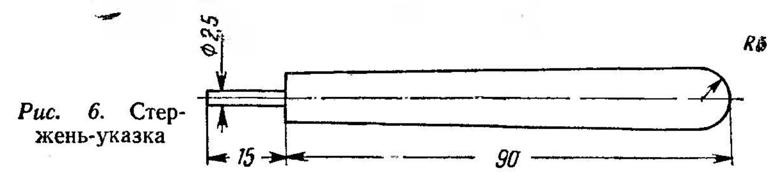


Рис. 6. Стержень-указка

ченной пластмассовой канцелярской ручки, в которую вставляют металлический стержень (пригоден гвоздь подходящего диаметра). Торец стержня тщательно опиливают.

В качестве корпуса машины используют готовый футляр для карманного приемника из ударопрочного полистирола. Такие футляры с габаритными размерами 114×72×38 *мм* имеются в продаже. В крышке корпуса надо просверлить 10 отверстий диаметром 6 *мм* над индикаторными лампами и 25 отверстий диаметром 3 *мм* над кнопками ввода. Нумерация вопросов и ответов, а также надписи «правильно!» и «неправильно!», кото-

рыми снабжены ряды индикаторных ламп, выполняют тушью (черной, красной и синей) на плотной бумаге, которую затем прижимают к крышке корпуса наличником из тонкого оргстекла с помощью четырех винтов М2. 25 отверстий диаметром 3 *мм* в наличнике ограничивают перемещение стержня-указки.

В боковой стенке крышки сделано прямоугольное отверстие размером 7×4 *мм* для введения ключа сброса показаний. Отверстие может опечатываться бумажной пломбой, одновременно предотвращающей возможность открывания машины учащимся с целью узнавания правильных ответов.

Внешний вид машины показан на рис. 7.

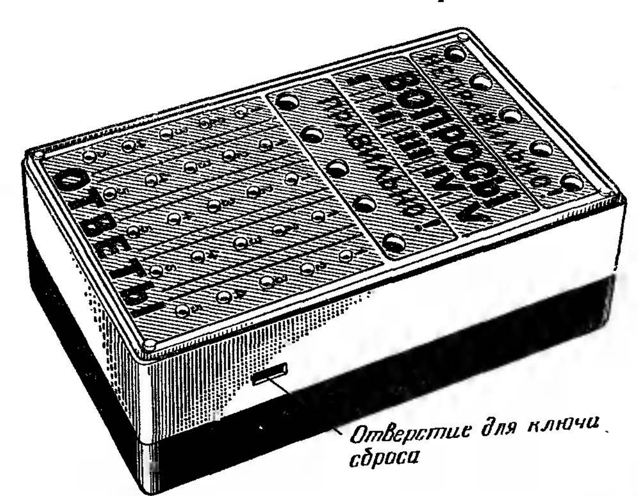


Рис. 7. Внешний вид машины

В нижней части корпуса просверлены два отверстия диаметром 2,5 *мм*, сквозь которые проходят крепежные винты М2, ввинчиваемые в нарезные отверстия латунных колонок, установленных на монтажной плате. Благодаря этому винты одновременно используются и в качестве зажимов $Б_2$ для подключения внешнего источника питания. Во избежание ошибочного присоединения внешнего источника рядом с головками винтов на корпус нанесены знаки «+» и «—».

Монтаж и налаживание. Монтаж машины рекомендуется вести поблочно, после предварительного подбора

на временном макете резисторов R_2 и R_5, сопротивления которых выбираются в зависимости от усиления транзисторов, устанавливаемых в данном блоке. Величина сопротивления резистора R_2 должна быть такой, чтобы транзисторы T_3 и T_4 надежно отпирались при однократном нажатии кнопки $Кн_1$, но оставались запертыми, если предварительно (замыканием одной из кнопок $Кн_2$ — $Кн_5$) были отперты транзисторы T_1 и T_2. Аналогично подбирается сопротивление резистора R_5. Подбор сопротивлений производится при напряжении питания 2,2—2,5 *в*, благодаря чему обеспечивается нормальная работа схемы при частичном разряде батареи $Б_1$ в процессе эксплуатации машины.

После подбора деталей их переносят с макета на монтажную плату и соединяют пайкой в соответствии с рис. 8, на котором изображена монтажная схема одного

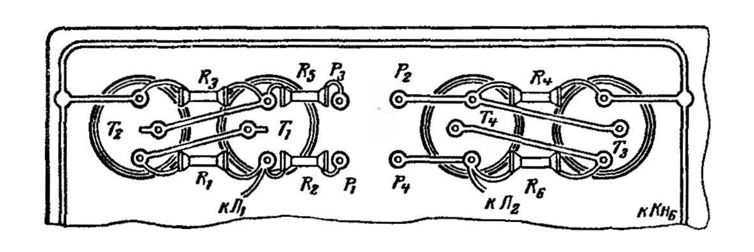


Рис. 8. Монтажная схема

из блоков (вид со стороны соединительных проводников). Остальные блоки смонтированы аналогично.

При распайке транзисторов необходимо располагать их на расстоянии 5—6 *мм* от поверхности монтажной платы, что позволит свободно разместить резисторы в образовавшемся зазоре. Для предохранения транзисторов от перегрева при пайке следует обеспечить теплоотвод и производить пайку по возможности быстро.

Вид монтажа машины показан на рис. 9.

Эксплуатация. Для подготовки машины к работе нужно установить линейки ввода в соответствии с нумерацией правильных ответов при выборочном ответе или с требуемым числом (кодом) при численном (или кодированном) ответе (см. рис. 10). Затем крышку машины

Рис. 9. Вид на монтаж машины снизу *(а)* и сверху *(б)*

закрывают и для проверки набирают стержнем-указкой номера или числа (коды) правильных ответов на все вопросы. Удостоверившись в зажигании всех индикаторов правильных ответов, сбрасывают их показания ключом, после чего опечатывают крышку и отверстие для ключа бумажной пломбой-наклейкой. Благодаря ничтожно малому потреблению тока запертыми ячейками (единицы

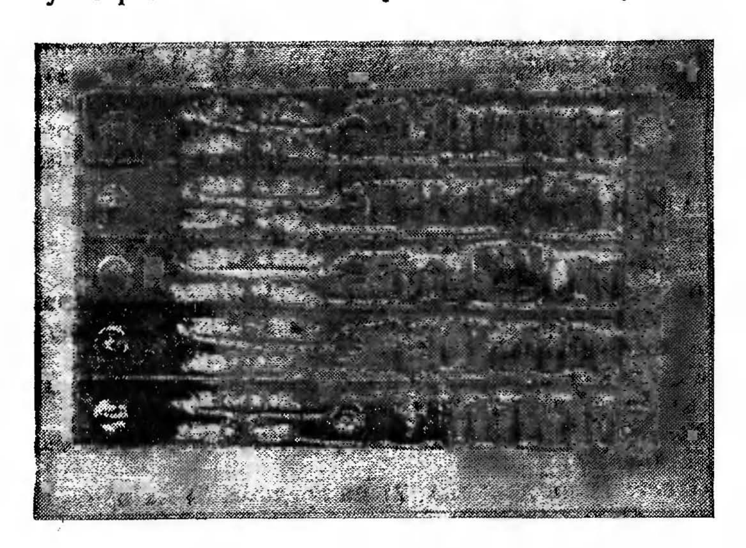


Рис. 10. Машина с установленными линейками ввода

микроампер), машина может находиться в подготовленном к работе состоянии неограниченно длительное время, что практически не вызывает разряда батареи.

Одним из преимуществ описываемой машины является расположение кнопок ввода внутри нее, что полностью исключает возможность случайного включения ответа. Данное обстоятельство в сочетании с малогабаритностью и питанием от автономного источника позволяет без всяких предосторожностей брать машину, переносить, ставить ее в любое положение, т. е. обращаться с ней, как с обычными учебными пособиями. Эта особенность машины представляет определенные удобства при ее эксплуатации.

Кроме внутренней батареи, машина может питаться также и от внешнего источника тока с напряжением

2,5—3 *в*, присоединяемого с соблюдением полярности к зажимам $Б_2$. Внутреннюю батарею $Б_1$ при этом можно не вынимать. Однако при длительном хранении машины в бездействующем состоянии необходимо удалить из нее батарею, во избежание вредного воздействия на монтаж химических веществ, которые могут выделяться из нее в случае разрушения цинкового электрода.

Составление вопросов для учащихся. Машина предназначена для индивидуального контроля и самоконтроля знаний учащихся. Ответы на вопросы могут даваться в выборочной, численной или численно-кодированной форме. Рекомендуется составлять задания таким образом, чтобы выборочные ответы сочетались с численными (или численно-кодированными).

Пример. Вопросы по теме «Электромагнитные колебания и волны» (курс физики 10-го класса средней школы).

Вопрос I. В каком узле схемы радиоприемника происходит выделение низкочастотных колебаний из модулированного сигнала?

Ответ. 1) в антенне, 2) в колебательном контуре, 3) в детекторе, 4) в усилителе, 5) в громкоговорителе.

Вопрос II. На каких волнах работают радиолокационные станции?

Ответ: 1) на длинных, 2) на средних, 3) на промежуточных, 4) на коротких, 5) на ультракоротких.

Вопрос III. Электроны достигают экрана электроннолучевой трубки со скоростью 38 000 *км/сек*. Найти ускоряющее напряжение и выразить его величину в киловольтах.

Ответ. Зависимость скорости электрона от ускоряющего напряжения выражается известной формулой: $v=600\sqrt{U}$, где v — скорость электрона, *км/сек*; U — напряжение, *в*.

Возведя обе части уравнения в квадрат, получим

$$U=\left(\frac{v}{600}\right)^2=\left(\frac{38\,000}{600}\right)^2=4000\ в=4\ кв.$$

Напряжение равно 4 *кв*. Следовательно, для ввода ответа необходимо нажать кнопку *4* (см. рис. 7).

Вопрос IV. Выразить в мегагерцах частоту колебательного контура, состоящего из катушки индуктивности 50 *мкгн* и конденсатора емкостью 510 *пф*.

Ответ. Воспользуемся формулой:

$$f = \frac{160}{\sqrt{LC}},$$

где f — частота, *Мгц; L* — индуктивность, *мкгн; С* — емкость, *пф*.

В соответствии с приведенной формулой находим:

$$f = \frac{160}{\sqrt{50 \cdot 510}} = \frac{160}{\sqrt{25\,500}} = \frac{160}{160} = 1 \text{ Мгц}.$$

Частота равна 1 *Мгц*. Для ввода ответа следует нажать кнопку *1* (см. рис. 7).

Вопрос V. Определить (в метрах) длину волны радиостанции, в антенне которой происходят электромагнитные колебания с периодом $67 \cdot 10^{-10}$ *сек*.

Ответ. Длину волны определяем по формуле: $\lambda = c\,T$, где λ — длина волны, *м*; $c = 3 \cdot 10^8$ *м/сек* — скорость распространения электромагнитных волн; T — период колебания, *сек*.

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{сек} \cdot 67 \cdot 10^{-10} \, сек = 2 м.$$

Длина волны равна 2 *м*. Для ввода ответа нужно нажать кнопку *2* (см. рис. 7).

Приведенные вопросы и решения наглядно иллюстрируют возможность использования описываемой машины для оценки знаний учащегося не только по выборочным, но и по численным ответам.

В конструкции машины предусмотрена возможность сообщения учащемуся, в случае его ошибки, правильного ответа на заданный вопрос. Для этого под отверстия индикации неправильных ответов в линейках ввода подкладывают полоску бумаги с цифрами, соответствующими правильным ответам. В рассмотренном выше примере

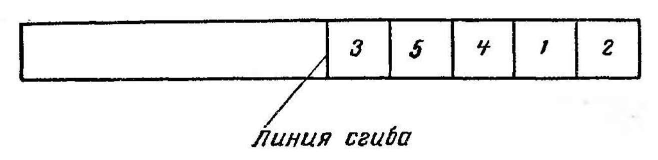


Рис. 11. Полоска бумаги с цифрами

это цифры 3, 5, 4, 1 и 2. С целью предотвращения возможности преждевременного «подсмотра» учащимся правильного ответа цифры нужно написать на длинной полоске тонкой бумаги и согнуть ее вдвое, чтобы чистая часть полоски закрывала собою надпись (рис. 11).

При таком способе сообщения ответа увидеть цифру и, следовательно, узнать правильный ответ можно только после введения в машину ошибочного ответа, когда загорится лампочка «Неправильно!» и исправление ответа станет невозможным. Если сообщение ответов на часть вопросов нецелесообразно, в соответствующих местах бумажной полоски оставляют пропуски.

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ СО ЗВУКОВЫМИ КОЛОНКАМИ

В. Перлов

В настоящее время опубликовано много различных схем и конструкций стереофонических усилителей низкой частоты (НЧ). Большинство из них имеют два идентичных стереоканала. Каждый канал представляет собой широкополосный усилитель, усиливающий всю полосу воспроизводимых частот. Но известно, что широкополосным системам НЧ свойственны некоторые специфические недостатки. Основным из них является значительная величина интермодуляционных искажений. Как видно из самого названия, искажения такого рода появляются вследствие взаимной модуляции одних частот звукового спектра усиливаемого сигнала другими частотами при прохождении спектра через нелинейные элементы усилителя.

В промышленных высококачественных стереофонических усилителях, например, в усилителе радиолы «Симфония» для уменьшения этого вида искажений полосу воспроизводимых частот на выходе усилителя разделяют путем включения высокочастотных и низкочастотных громкоговорителей через соответствующие фильтры в цепи вторичной обмотки выходного трансформатора. Однако при этом уменьшение интермодуляционных искажений происходит лишь за счет исключения только

одного звена электроакустической цепи — громкоговорителя. Остальные же источники искажений, а ими являются все нелинейные элементы усилителя (лампы каскада предварительного усиления, лампы оконечного каскада, выходной трансформатор), остаются.

В идеальном случае для устранения таких искажений необходимо было бы разделить воспроизводимые сигналы на две полосы (ВЧ и НЧ) непосредственно на входе усилителя. Но тогда значительно усложнится принципиальная схема и конструкция усилителя, увеличится число ламп, габаритные размеры, вес, потребляемая мощность. Поэтому выгоднее (с этих точек зрения) выполнить схему усилителя, в котором разделение на полосы ВЧ и НЧ будет осуществлено сразу же после каскада предварительного усиления сигнала, поскольку это звено усилительного тракта является наиболее линейным.

Известно, что минимальные интермодуляционные искажения будут в том случае, если частота разделения выбрана в пределах 800—1000 *гц*. Следовательно, для минимального значения интермодуляционных искажений можно было бы использовать именно эти частоты. Однако в этом случае мощности каждого из каналов, воспроизводящих соответствующие полосы частот, для обеспечения естественности звучания должны быть примерно одинаковыми. А их выходные каскады выполнены либо по однотактной схеме, либо оба по двухтактной. В первом случае значителен процент «обычных» нелинейных искажений и невелик динамический диапазон. Во втором случае усложняется схема усилителя, возрастает число ламп, растут габаритные размеры и потребляемая мощность (например, стереофонический усилитель, опубликованный в журнале «Радио» № 3 за 1966 год, хотя он и имеет высокие показатели).

В описываемом усилителе наряду с высокими качественными показателями усилителя число его ламп, габаритные размеры, вес и потребляемая мощность значительно снижены. Это оказалось возможным в результате применения комбинированных ламп типа 6Ф3П (или ECL-82) и лампы 6Н2П. Кроме того, уменьшение числа ламп было достигнуто благодаря выбору частоты разделения, равной 4,5 *кгц*. Действительно, при такой частоте разделения каналов интермодуляционные искажения уменьшаются в несколько меньшей степени, чем при вы-

боре частоты в диапазоне 800—1000 *гц*, но тем не менее они существенно меньше искажений, возникающих в одноканальных усилителях. Кроме того, при такой частоте разделения изменяется соотношение между звуковыми спектрами, воспроизводимыми каналами НЧ и ВЧ, которое необходимо для получения натуральности звучания. В этом случае основная часть энергии спектра будет сосредоточена в области низших частот, а в области высших частот — лишь небольшая ее часть. Поэтому выходной каскад канала НЧ каждого из стереоканалов выполнен по двухтактной схеме, а канала ВЧ — по обычной однотактной схеме.

Для дальнейшего снижения величины интермодуляционных искажений в усилителе использовано дополнительное разделение спектра частот в канале НЧ на низшие и средние частоты. Оно осуществляется фильтрами *L, C* в цепи вторичной обмотки выходного трансформатора, причем частота разделения выбрана равной 800 *гц*.

Таким образом, в каждом из стереоканалов производится разделение спектра входных сигналов на три полосы частот: низшие — до 800 *гц*; средние — от 800 *гц* до 4,5 *кгц*; высшие — свыше 4,5 *кгц*. Это позволило получить высокое качество звучания за счет значительного снижения величины интермодуляционных искажений при небольшом количестве ламп.

Технические характеристики. Общая полоса частот, воспроизводимых каждым стереоусилителем на эквиваленте громкоговорителя, составляет 25 *гц* — 35 *кгц* при ослаблении на краях диапазона не более 2 *дб*. Полоса частот, воспроизводимых каждым из стереоканалов совместно с акустической системой 35 *гц* — 17,5 *кгц* при ослаблении на краях диапазона не более 2 *дб*.

Номинальная мощность каждого из каналов НЧ равна 4,5 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 0,8%, а максимальная мощность достигает 6 *вт*.

Номинальная мощность каждого из каналов ВЧ равна 1,6 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 1,3%, а максимальная мощность достигает 2 *вт*.

Регулировка тембра — раздельная. Глубина регулировки по низшим частотам составляет 25 *дб*, по высшим частотам — 20 *дб*.

Регулировка громкости плавная с тонкомпенсацией по высшим и низшим частотам. Глубина регулировки 40 *дб*.

Уровень фона при максимальной громкости и открытом входе — 62 *дб*, а при замкнутом входе — 74 *дб*.

Динамический диапазон составляет 55 *дб*.

Чувствительность усилителя зависит от воспроизводимой программы и при работе с различными источниками имеет следующие значения:

магнитофоном — 150 *мв;*
приемником АМ-ЧМ — 100 *мв;*
телевизором — 150 *мв;*
звукоснимателем — 200 *мв;*
трансляционной сетью — 15 *в.*

Разделение каналов на частоте 1 *кгц* равно 45 *дб.* Днапазон регулировки стереобаланса 6 *дб.*

Допустнмый разброс характернстик стереоканалов — не более 3 *дб.* Потребляемая мощность — не более 70 *вт.*

Блок-схема усилителя приведена на рис. 1. Усилитель состоит из двух идентичных стереоканалов, каждый из которых, в свою очередь, разделяется на два канала — канал высших частот (канал ВЧ) и канал низших и средних частот (канал НЧ).

Звуковой сигнал поступает через входные гнезда на переключатель программ $П_1$, который согласовывает выходное сопротивление источника программы со входным сопротивлением усилителя. Переключатель $П_{2а}$ служит для выбора вида работы усилителя: в одном из положений переключателя воспроизводятся стереофонические программы, в другом — обычные, монофонические.

Фильтр тонкомпенсации $Ф_1$ изменяет свою частотную характеристику в зависимости от положения движка регулятора громкости *РГ,* т. е. в зависимости от уровня громкости воспроизводимой программы. Это необходимо в связи с неодинаковой чувствительностью человеческого уха к различным составляющим звукового спектра при разных уровнях громкости. После регулятора «Громкость» находится предварительный усилитель *ПУ,* осуществляющий усиление всего звукового спектра сигналов по напряжению. С помощью регулятора стереобаланса *РБ* производится выравнивание в некоторых пределах коэффициентов усиления стереоканалов. С выходов регулятора стереобаланса *РБ* сигнал вновь поступает на контакты переключателя «Моно-стерео» $П_{2б}$.

Следует отметить, что схема этого переключателя отличается от широко встречающихся схем переключения «Моно-стерео» тем, что при воспроизведении монофонических программ каналы не соединяются параллельно, а коммутируются таким образом, что весь стереофонический усилитель превращается в двухканальный. Причем используется канал ВЧ одного стереоканала, а канал НЧ — другого. В этом случае получается не только частотное, но и пространственное разделение спектра сигнала, поскольку высшие частоты воспроизво-

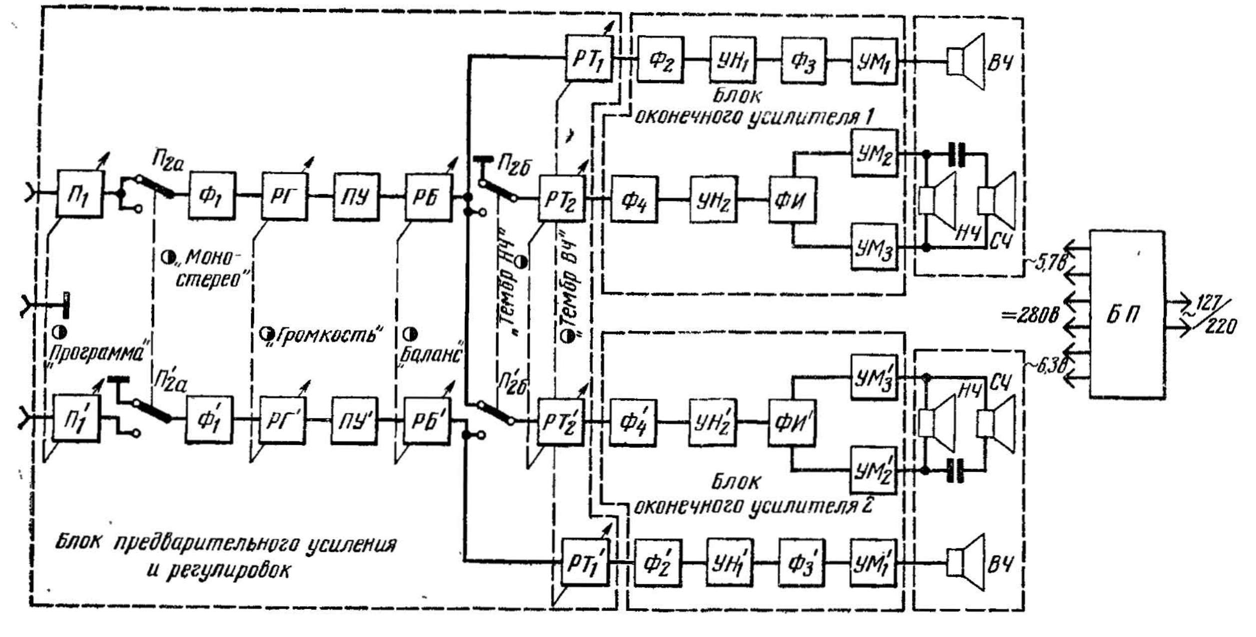


Рис. 1. Блок-схема усилителя (*$П_1$* — переключатель программ; *$Ф_1$* — фильтр тонкомпенсации; *РГ* — регулятор громкости; *ПУ* — предварительный усилитель; *РБ* — регулятор баланса; *$РТ_1$* и *$РТ_2$* — регуляторы тембра; *$Ф_2$* и *$Ф_3$* — фильтры ВЧ; *$Ф_4$* — фильтр НЧ; *$УН_1$* и *$УН_2$* — усилители напряжения; *ФИ* — фазоинвертер; *$УМ_1$* — *$УМ_3$* — усилитель мощности; *БП* — блок питания)

дятся одной акустической системой, а низшие частоты — другой. Кроме того, при воспроизведении обычных монофонических программ в какой-то степени достигается псевдостереофонический эффект, что несомненно повышает качество звучания.

Далее следуют регуляторы тембра каналов ВЧ и НЧ, позволяющие изменять усиление соответствующих каналов, а следовательно, и результирующую частотную характеристику всего усилительного тракта. Фильтры $Ф_2$ и $Ф_4$ выделяют из всего звукового спектра те составляющие, которые необходимы для усиления в соответствующих каналах. После фильтров производится дальнейшее усиление по напряжению высших частот (усилителем $УН_1$) и низших частот (усилителем $УН_2$). На выходе усилителя $УН_1$ установлен дополнительный фильтр $Ф_3$, улучшающий характеристики разделения. На выходе усилителя $УН_2$ установлен фазоинвертор *ФИ*, обеспечивающий нормальную работу выходного каскада. Выходными каскадами каналов ВЧ и НЧ являются усилители $УМ_1$ — $УМ_3$, нагрузками которых служат соответствующие группы громкоговорителей.

Питание всех каскадов стереофонического усилителя осуществляется от блока питания *БП*.

Принципиальная схема усилителя одного из стереоканалов с общим источником питания приведена на рис. 2. Схема второго стереоканала полностью идентична схеме первого (за исключением цепей переключателя «Моно-стерео»).

Усилитель имеет три входные клеммы, две из которых являются входами соответствующих стереоканалов, а третья — общая для обоих стереоканалов — соединена с шасси усилителя. При работе усилителя от источника стереофонических программ используются все три клеммы, при работе же от источника обычных монофонических программ используются только две из них.

Со входа усилителя сигнал поступает через один из резисторов R_1 — R_6 на контакты переключателя $П_1$ («Программа»). Входные резисторы, как уже говорилось, служат для согласования выходного сопротивления источника сигнала с входным сопротивлением усилителя. Из блок-схемы, изображенной на рис. 1, видно, что в верхнем положении переключателя $П_{2а}$ предварительный усилитель нижнего (по схеме) стереоканала не ра-

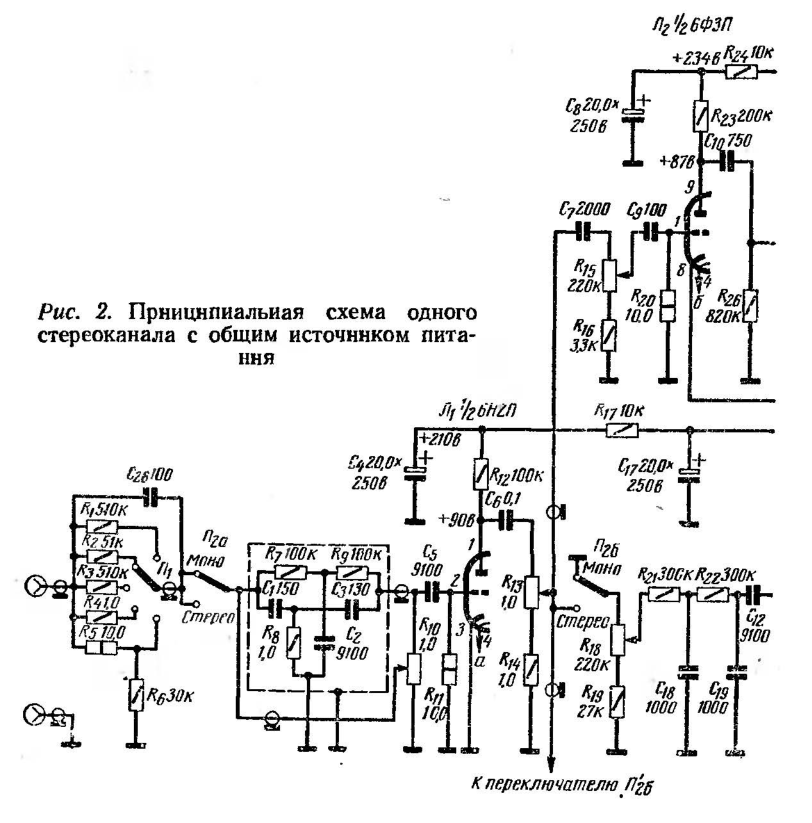
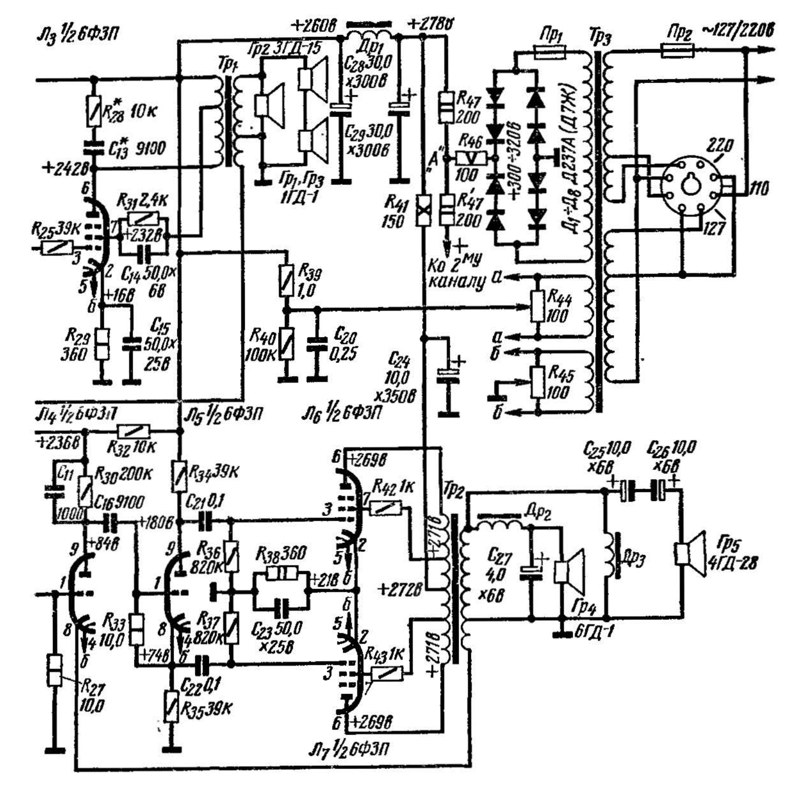


Рис. 2. Принципиальная схема одного стереоканала с общим источником питания

ботает, поскольку вход его замкнут на шасси. В этом положении переключателя воспроизводятся только монофонические программы. В нижнем же положении переключателя $П_{2а}$ воспроизводятся стереофонические программы.

С общего контакта переключателя $П_{2а}$ звуковой сигнал попадает на вход фильтра тонкомпенсации регулятора громкости R_{10}. Этот фильтр представляет собой двойной Т-образный мост, элементы которого подобраны таким образом, чтобы коэффициент передачи этого фильтра на средних частотах был меньше коэффициента передачи на низших и высших частотах. Рассмотрим работу этого фильтра при изменении уровня усиления (при регулировке громкости).



В верхнем положении движка потенциометра R_{10} фильтр тонкомпенсации замкнут накоротко (его выход соединен со входом) и не оказывает никакого влияния на форму частотной характеристики усилителя. Такое положение движка регулятора громкости соответствует положению максимальной громкости.

По мере перемещения движка потенциометра в нижнее положение происходит уменьшение громкости за счет изменения соотношения плеч делителя, составленного нижней частью потенциометра R_{10} и одним из входных резисторов R_1 — R_6. Одновременно с этим уменьшается шунтирующее действие верхней части потенциометра R_{10} на фильтр, который начинает пропускать частоты в соответствии со своей частотной характеристикой. В связи

с тем, что средние частоты ослабляются фильтром в большей степени, чем высшие и низшие, изменение частотной характеристики усилителя при регулировке громкости происходит в соответствии с кривыми равной громкости.

Следует отметить, что для осуществления регулировки громкости в заданных пределах нужно применять потенциометр соответствующей зависимости (с кривой *В*). Если потенциометра с такой зависимостью нет, то можно использовать обычный сдвоенный потенциометр с линейной зависимостью типа *А*, но диапазон регулировки в этом случае сузится до 20 *дб* и несколько ухудшится равномерность регулировки.

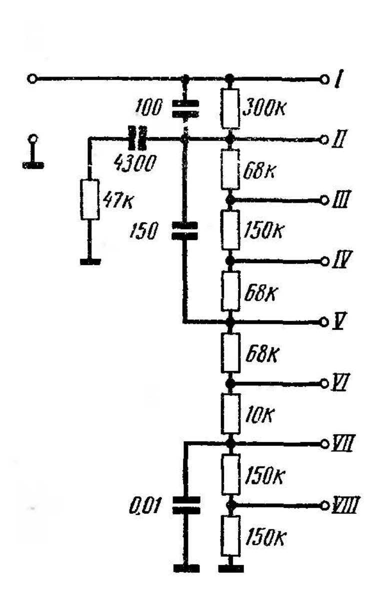


Рис. 3. Схема регулятора громкости со ступенчатой регулировкой тонкомпенсации

Очень хорошие результаты можно получить, если отказаться от плавной регулировки громкости и применить ступенчатый регулятор громкости на 8 положений (рис. 3). При таком большом количестве положений почти стирается разница между ступенчатым и плавным регуляторами, но зато большим преимуществом такого переключателя является широкий (порядка 60 *дб*) диапазон регулировки, а также отсутствие сдвоенного потенциометра требуемой зависимости. Такой регулятор можно включить на входе усилителя без фильтра тонкомпенсации, сразу же после переключателя $П_{2а}$.

За тонкомпенсированным регулятором громкости следует каскад предварительного усиления, собранный на лампе $Л_1$ (триод лампы типа 6Н2П). Предварительный усилитель усиливает всю полосу частот звукового спектра с коэффициентом усиления 65. Смещение на управляющей сетке лампы $Л_1$ образуется за счет проте-

кания сеточных токов по резистору утечки R_{11}. Вследствие этого каскад обладает хорошей частотной характеристикой даже при небольшом значении емкости переходного конденсатора C_5, который необходим для того, чтобы относительно небольшое выходное сопротивление регулятора громкости не шунтировало цепь смещения по постоянному току.

С анодной нагрузки предварительного усилителя звуковой сигнал через конденсатор C_6 поступает на регулятор баланса, составленный из последовательно соединенных линейного потенциометра R_{13} и резистора R_{14}. Такая схема не требует применения потенциометров с логарифмической зависимостью, а также незначительно снижает чувствительность усилителя. Регулятор баланса выравнивает коэффициенты усиления стереоканалов по отношению друг к другу на ±6 *дб*, которое необходимо даже при использовании однотипных деталей, а также после замены каких-либо деталей в процессе эксплуатации. Наличие такого регулятора позволяет также получить максимальный стереоэффект в конкретных условиях того или иного помещения.

С движка потенциометра R_{13} регулятора баланса сигнал поступает на контакты переключателя $П_{26}$, при помощи которого (в положении «Моно»), вход канала НЧ верхнего стереоканала (см. рис. 1) соединяется с шасси. К движку же регулятора баланса R_{13}, выполняющего при монофоническом воспроизведении функции дополнительного регулятора громкости, подключается вход канала НЧ нижнего стереоканала; к нему же остается присоединенным и вход канала ВЧ верхнего стереоканала.

Так как акустические системы стереоканалов разнесены в пространстве, получается частотное и пространственное разделение спектра звукового монофонического сигнала, что, как уже говорилось, создает эффект псевдостереофонического звучания. А так как нагрузка предварительного усилителя по переменному току не изменяется, поскольку к его выходу остаются присоединенными оба канала (ВЧ и НЧ), то частотные характеристики усилителя остаются прежними.

В нижнем положении переключателя $П_{26}$ (положение «Стерео») спектр частот каждого из стереоканалов делится на полосы ВЧ и НЧ с помощью фильтров R_{21},

R_{22}, C_{18}, C_{19} и C_7, C_9, R_{15}, R_{16}, R_{20}, включенных в цепи сеток ламп усилителей соответствующих каналов. Эти двухзвенные разделительные *R*, *C* фильтры обеспечивают затухание порядка 9—10 *дб/окт*. Регуляторы тембра, включенные на входах соответствующих фильтров, выполняют роль обычных регуляторов усиления этих каналов.

Дальнейшее усиление осуществляется раздельно по высшим и низшим частотам. Усилитель напряжения канала высших частот, собранный на лампе $Л_2$ (триодная часть лампы типа 6Ф3П) по схеме, аналогичной схеме предварительного усилителя, позволяет получить коэффициент усиления порядка 60. Это необходимо для компенсации затухания сигнала в цепях баланса, тембра и для поддержания на сетке лампы оконечного усилителя сигнала амплитудой 8—10 *в* при глубокой отрицательной связи.

Усилитель мощности канала ВЧ собран по однотактной ультралинейной схеме на лампе $Л_3$ (пентодная часть лампы типа 6Ф3П). Канал ВЧ охвачен частотнонезависимой отрицательной обратной связью (глубиной 10 *дб*), которая подается с части вторичной обмотки выходного трансформатора $Тр_1$ непосредственно на катод лампы $Л_2$. Такая схема отличается от других отсутствием деталей в цепи обратной связи и требует лишь дополнительного отвода во вторичной обмотке выходного трансформатора.

Для предотвращения самовозбуждения оконечного каскада на ультразвуковой частоте в цепях управляющей и экранной сеток лампы $Л_2$ и $Л_3$ включены резисторы R_{25} и R_{31}. Для того чтобы на резисторе R_{31} не происходило падения напряжения звуковой частоты, параллельно ему включен конденсатор C_{14}. Сопротивление резистора R_{25} не критично (лампа $Л_3$ работает в режиме без сеточных токов), поэтому дополнительного ослабления сигнала не происходит.

Цепочка R_{28}, C_{13} служит для коррекции частотной характеристики канала ВЧ на частотах 18—20 *кгц*. Цепочка C_{10}, R_{26} служит еще одним звеном фильтра ВЧ и увеличивает крутизну характеристики в области частот разделения. Вторичная обмотка выходного трансформатора $Тр_1$ нагружена на группу высокочастотных громкогово-

рителей типа 3ГД-15 и 1ГД-1 с эквивалентным сопротивлением 2,5 *ом.*

Канал НЧ включает в себя усилитель напряжения (компенсирующий ослабление сигнала в цепях баланса и фильтра НЧ и усиливающий низкочастотный сигнал до величины, необходимой для нормальной работы выходного каскада), а также фазоинвертор и усилитель мощности.

Усилитель напряжения собран на лампе $Л_4$ (триодная часть лампы типа 6Ф3П) по схеме с заземленным катодом и обеспечивает коэффициент усиления порядка 60. С анодной нагрузки усилителя сигналы низших и средних частот поступают на управляющую сетку фазоинвертора, выполненного на лампе $Л_5$ (триодная часть лампы типа 6Ф3П) по схеме с разделенной нагрузкой. Такая схема позволяет получить достаточно хорошую симметрию при равномерной частотной характеристике, причем симметрия не зависит от изменения параметров лампы в процессе эксплуатации. Смещения на управляющих сетках усилителя напряжения и фазоинвертора образуются при протекании сеточных токов по соответствующим резисторам R_{27} и R_{33} большой величины.

С фазоинвертора два равных по амплитуде и противоположных по фазе напряжения звуковой частоты поступают на сетки выходных ламп $Л_6$ и $Л_7$ (пентодные части лампы типа 6Ф3П), образующих оконечный усилитель мощности.

Усилитель мощности канала НЧ выполнен по обычной двухтактной ультралинейной схеме, которая позволяет получить требуемую выходную мощность при минимальных нелинейных искажениях. В анодные цепи выходных ламп включена первичная обмотка выходного трансформатора $Тр_2$. Весь канал НЧ охвачен частотно-независимой отрицательной обратной связью глубиной 18 *дб,* напряжение которой подается с части вторичной обмотки выходного трансформатора в цепь катода лампы $Л_4$.

Для устранения самовозбуждения канала на ультразвуковой частоте анодная нагрузка лампы $Л_4$ зашунтирована конденсатором C_{11} небольшой емкости, а в цепи экранных сеток выходных ламп включены резисторы R_{42} и R_{43}, которые предохраняют лампы в случае обрыва

анодных цепей или при значительных перегрузках усилителя от выхода из строя.

Вторичная обмотка выходного трансформатора канала НЧ нагружена на фильтры $Др_2$, C_{27} и $Др_3$, C_{25}, C_{26} производящие разделение спектра сигналов канала НЧ на низшие и средние частоты. При этом средние частоты воспроизводятся громкоговорителем $Гр_5$ типа 4ГД-28, а низшие частоты — громкоговорителем $Гр_4$ типа 6ГД-1 РРЗ.

Питание обоих стереоканалов осуществляется от общего выпрямителя, состоящего из трансформатора $Тр_3$, полупроводникового выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах $Д_1$ — $Д_8$, и сглаживающих фильтров C_{28}, $Др_1$, C_{29} и R_{41}, C_{24} для каждого тракта стереоканала.

Питание ламп по накалу производится от двух отдельных обмоток трансформатора $Тр_3$, причем лампа предварительного усилителя питается от обмотки с напряжением 5,7 *в* для снижения уровня фона первого каскада, а лампы остальных каскадов питаются от общей накальной обмотки напряжением 6,3 *в*. Кроме того, для дополнительного уменьшения уровня фона параллельно накальным обмоткам трансформатора $Тр_3$ включены потенциометры R_{44} и R_{45}, причем на движок первого подается небольшой положительный потенциал величиной 20—30 *в* с помощью делителя R_{39}, R_{40}, C_{20}, а движок второго соединен с шасси.

Конструкция и детали. Конструктивно усилитель выполнен в виде четырех отдельных блоков: блока предварительного усилителя и регулировок, двух идентичных блоков оконечных усилителей и общего блока питания. Блоки соединены между собой и заключены в металлический кожух размерами 250×200×125 *мм*. Такие небольшие габариты были получены в результате рационального размещения элементов и деталей усилителя. Блочная конструкция и малые габаритные размеры блоков позволяют разместить усилитель в любом промышленном приемнике или радиоле, если возникла необходимость переделать их на воспроизведение стереофонических радиопередач и записей.

Особенно удобна такая переделка в стереофонических радиолах типа «Минск-65 Стерео» или «Беларусь-65 Стерео», в которых для размещения блоков оконечных усилителей можно использовать отсеки, где

установлены громкоговорители. Блочная конструкция обладает еще и тем преимуществом, что каждый из блоков может быть отдельно собран и налажен, независимо от остальных. Кроме того, облегчается экранировка узлов усилителя.

Блок предварительного усиления и регулировок. Этот блок включает в себя переключатели рода работ и программ, потенциометры регулировки громкости, тембра и баланса, а также каскад предварительного усиления обоих стереоканалов. Все эти элементы крепятся к уголковому профилю из дюралюминия толщиной 1,5 *мм*. Переключатели программ и рода работ обычные, галетные типа 4Н×2П и 2Н×5П. Регуляторы громкости, тембра и баланса — сдвоенные потенциометры типа СП-3 или специально применяемые для регулировок в стереофонической аппаратуре — СП-3-12. Для регулировки громкости желательно иметь потенциометр с зависимостью типа *В*, а для регулировки баланса — типа *Б*. Но при отсутствии их можно обойтись и потенциометрами с линейной зависимостью. Для регулировки тембра, поскольку потенциометры являются регуляторами усиления соответствующих каналов, можно использовать их с зависимостью *В* или *А*.

На верхней панели профиля расположены ламповая панель предварительного усилителя и фильтры компенсированных регуляторов громкости, заключенные в экраны (рис. 4). Лампа предварительного усилителя также заключена в экран. Детали фильтров распаяны на платах из изоляционного материала. Еще лучше выполнить плату печатным способом. Все провода сеточной цепи, идущие к переключателю рода работ, переключателю программы, а также регуляторам громкости и тембра, должны быть экранированными, причем экран по всей длине следует изолировать от шасси и деталей, соединенных с корпусом, кембриковой или хлорвиниловой трубкой. Еще лучше использовать для этой цели малоемкостный кабель во фторопластовой изоляции. Переходные конденсаторы C_5 в цепях сеток ламп $Л_1$ лучше всего взять типа МБМ, а их корпуса заземлить.

Блоки оконечных усилителей. Каждый блок смонтирован на коробчатом шасси размерами 170×80×30 *мм*. Расположение деталей и монтаж цепей блоков показан на рис. 4 и 5. В качестве выходного

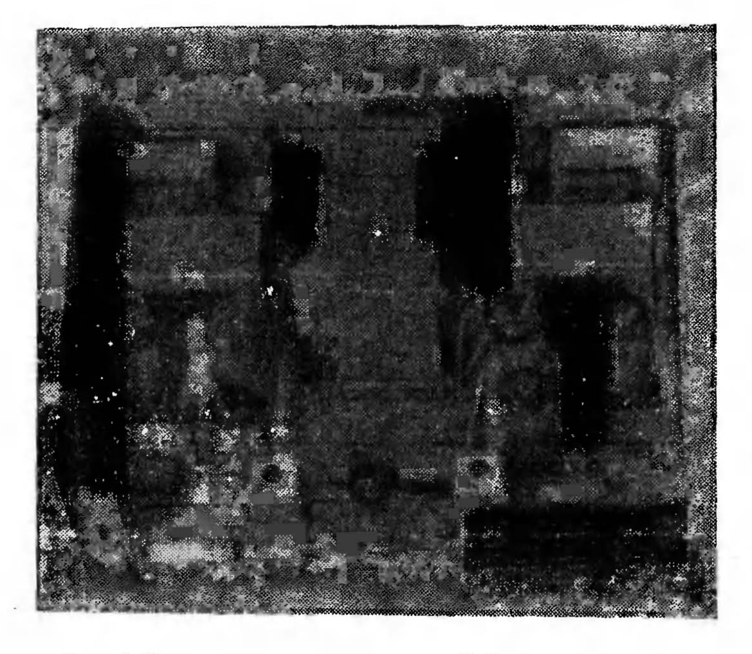


Рис. 4. Расположение ламп и деталей блоков усилителя

трансформатора канала ВЧ взят трансформатор от промышленной радиолы «Латвия». Вторичная обмотка его домотана, общее число ее витков равно 47. Отвод для цепи обратной связи сделан от 31-го витка, отвод к экранной сетке сделан от 1580 витка. В качестве выходного трансформатора канала НЧ взят выходной трансформатор от радиоприемника «Фестиваль», вторичная обмотка которого используется только частично (клеммы *6* и *8*); кроме того, домотана обмотка обратной связи — 5 витков проводом ПЭВ-0,8.

В качестве дросселя $Др_1$ использован дроссель (малый) от телевизора «Рубин».

Блок питания состоит из трансформатора от радиоприемника «Фестиваль» (у него спилена верхняя часть, на которой укреплены предохранители и переключатель сети), выпрямителя и сглаживающих фильтров. Выпрямитель собран на силовых кремниевых диодах

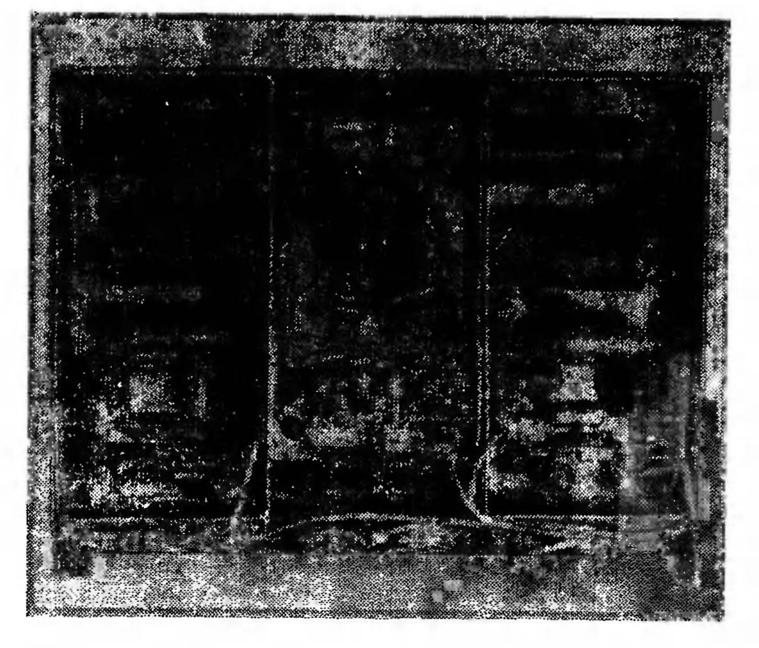


Рис. 5. Монтаж деталей усилителя

типа Д237А. Вместо этих диодов можно использовать любые подходящие диоды с обратным напряжением не ниже 300 *в* или селеновые столбики. Для уменьшения габаритных размеров сглаживающих фильтров использованы малогабаритные электролитические конденсаторы «Тесла».

Входные гнезда, выходные разъемы для подключения звуковых колонок, а также разъем питания размещены на задней стенке кожуха усилителя. В верхней и нижней стенках имеются отверстия для вентиляции. Лицевая часть кожуха усилителя закрыта декоративной пластмассовой планкой от телевизора «Темп-6».

Звуковые колонки. Конструкция звуковых колонок аналогична описанной в журнале «Радио» № 7 за 1965 год и отличается лишь несколько большими размерами по высоте. Количество и расположение громкоговорителей также отличается от описанных. Это сделано для того, чтобы избежать вредных резонансных явлений,

которые могут возникнуть, если громкоговорители расположить на оси симметрии акустической системы. Следует отметить, что строгое придерживание указанных размеров не является обязательным.

В качестве материала для звуковых колонок использована трехслойная авиационная фанера толщиной 13 *мм*. Вертикальные панели соединены между собой с помощью брусков шурупами и посажены на клей. Внешний вид колонок вместе с усилителем показан на рис. 6, а деталировка их конструкции изображеиа на рис. 7.

Рис. 6. Внешний вид усилителя со звуковыми колонками

Внутри колонок установлены перегородки из фанеры толщиной 4 *мм*, которые образуют звуковой лабиринт для увеличения длины пути, проходимого низшими частотами. При этом для некоторых частот (значения этих частот зависят от длииы звукового лабиринта) выполняется условие синфазности, т. е. фазы колебаний, излучаемых передней поверхностью громкоговорителя и окном фазоинвертора, совпадают. Условие синфазности, как правило, выполняется на низших частотах звукового спектра, при этом улучшается равномерность частотной характеристики в области основного резонанса громкоговорителя. Длину звукового лабиринта рассчитывают таким образом, чтобы частота основного резонанса громкоговорителя и та частота, для которой выполняется условие синфазности, были сдвинуты между собой на несколько герц. Это следует учитывать, если конструкция или размеры звуковых колонок будут другими. Звуковой лабиринт повышает также отдачу на самых низких частотах вследствие того, что дополнительно используется энергия звуковых колебаний от задней поверхности диффузора громкоговорителя.

Передний щит звуковых колонок делается съемным. С внутренней стороны к нему с помощью скоб и винтов прикреплены громкоговорители, предварительно обернутые марлей или капроном для предотвращения попадания пыли в зазор. Задняя стенка колонок глухая, для увеличения жесткости. Внутренняя часть покрыта поролоном для увеличения звукопоглощения.

Лицевая часть колонок после сборки и крепления, а также часть боковых стенок закрываются радиотканью. В нижней крышке колонок просверлены четыре

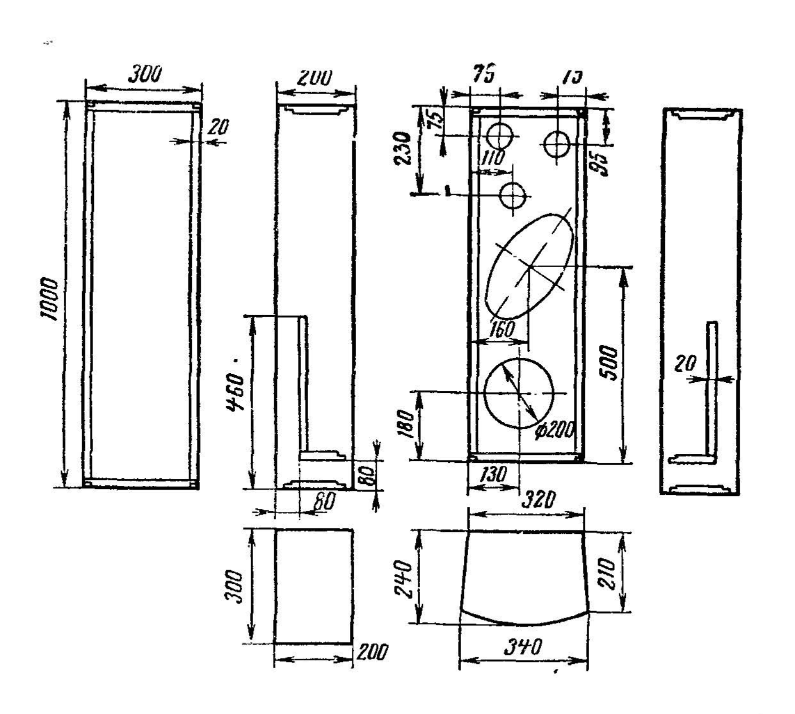


Рис. 7. Детали звуковой колонки

отверстия, куда вставляют предварительно подготовленные ножки. После окончательной подгонки ножки сажают на клей.

Налаживание усилителя. Собрав усилитель и проверив правильность монтажа, отпаивают провода питания

анодных цепей от выпрямителя в точке A (см. рис. 2) и подключают между этой точкой и шасси усилителя проволочный резистор сопротивлением 3 *ком,* мощностью 20—30 *вт.* После этого тестером или ламповым вольтметром замеряют на нем падение напряжения, которое должно быть около 300 *в.*

Убедившись, что напряжение на нагрузочном резисторе имеется и не отличается сильно по величине от указанного, отпаивают проволочный резистор и подпаивают провода анодного питания по очереди к точке A, контролируя напряжение. Резкое падение напряжения при подсоединении провода анодного питания свидетельствует о замыкании в монтаже анодных цепей.

Добившись, чтобы при подключении проводов анодного питания напряжение находилось в пределах 280—290 *в,* окончательно подпаивают их и, начиная с точки A, последовательно проверяют те точки схемы, где указаны значения напряжений. Отклонение значений напряжений от указанных на схеме более чем на 10% свидетельствует об отклонении параметров ламп или деталей. В этом случае следует подобрать другую деталь или лампу.

Лампы оконечных усилителей каналов ВЧ и НЧ подбирают с минимальным разбросом анодных токов, для чего замеряют падение напряжения на катодном резисторе R_{29}. Лампы с наиболее близкими значениями анодных токов используют для каналов ВЧ соответствующих стереоканалов. Аналогично подбирают лампы и для каналов НЧ.

После того как необходимые режимы ламп по постоянному току установлены, приступают к регулировке уровня фона. Для этого соединяют одну из входных клемм с шасси, переключатель $П_2$ устанавливают в положение «Стерео», а регуляторы тембра и громкости — в положение максимального усиления. При этом в громкоговорителях соответствующего стереоканала будет прослушиваться фон переменного тока (провода, идущие от движка потенциометра баланса другого стереоканала к усилителям НЧ и ВЧ, следует отключить). Далее, перемещая движок потенциометра R_{44}, добиваются максимально возможного снижения фона, после чего дальнейшее снижение уровня фона производится враще-

нием ручки потенциометра R_{45}. Аналогичным образом производят регулировку фона другого стереоканала.

Для описанной регулировки и наладки усилителя была необходима самая простая измерительная аппаратура — тестер. Однако полностью реализовать возможности, заложенные в схеме, можно лишь при использовании определенного комплекта измерительной аппаратуры, в который должны входить ламповый милливольтметр переменного тока, осциллограф, звуковой генератор и измеритель нелинейных искажений.

После того как отрегулированы режимы усилителя по постоянному току и произведена регулировка уровня фона, можно определить величину фона. Для этого отключают разъем, соединяющий усилитель со звуковой колонкой, а ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$ подпаивают проволочный резистор сопротивлением 2,5—3 *ом* и мощностью 5—10 *вт*. Затем ламповым милливольтметром замеряют напряжение фона на этом резисторе: оно должно быть не более 2 *мв* при разомкнутом входе и не более 0,5 *мв* при замкнутом. Если замеренное значение фона намного превосходит указанные значения, следует проверить все электролитические конденсаторы фильтров питания или подобрать точку соединения минусового потенциала выпрямителя с шасси усилителя.

Для регулировки канала НЧ одного из стереоканалов на сетку лампы $Л_4$ через конденсатор емкостью порядка 0,1 *мкф* от звукового генератора подают сигнал амплитудой 1 *в* с частотой 1000 *гц*. Подключая последовательно вход осциллографа к аноду лампы $Л_4$, сеткам ламп $Л_6$ и $Л_7$ и, наконец, к нагрузке, следят, чтобы синусоида на экране осциллографа была без искажений. Напряжение на нагрузочном резисторе должно быть при этом в пределах 2—3 *в*.

Отключив ламповый вольтметр от нагрузки, замеряют напряжения на сетках выходных ламп, которые должны быть в пределах 8—11 *в* и отличаться друг от друга не более чем на 0,5 *в*. Если отличие больше, чем 0,5 *в*, необходимо вместо резистора R_{35} включить переменный резистор сопротивлением 47—68 *ком* и перемещением его движка добиться равенства показаний лампового милливольтметра при подключении к сеткам ламп. После этого вместо переменного резистора включают постоянный резистор.

Подав таким образом на сетки выходных ламп равные по амплитуде напряжения, замеряют милливольтметром напряжения на половинах первичной обмотки выходного трансформатора. Если эти напряжения отличаются более чем на 5 *в*, необходимо подбором сопротивлений резисторов R_{42} и R_{43} установить такой режим, при котором разница между напряжениями на половинах первичной обмотки не превышала бы 5 *в*.

Подключив к выходу усилителя ИНИ, плавно увеличивают сигнал со звукового генератора, пока величина нелинейных искажений не достигнет значения 0,8%. Мощность усилителя при этом соответствует номинальной. Аналогично производят регулировку канала НЧ другого стереоканала. Разница в полученных данных не должна превышать 10—15%. После этого устанавливают частоту звукового генератора равной 8 *кгц*, проверяют прохождение сигнала через канал ВЧ и замеряют номинальную мощность при коэффициенте нелинейных искажений, равном 1,3%. Ко вторичной обмотке выходного трансформатора также подсоединяют нагрузочный резистор сопротивлением 2,5—3 *ом*.

Закончив регулировку каналов ВЧ, переходят к регулировке чувствительности. Следует отметить, что даже однотипные устройства могут иметь различные выходные сопротивления, поэтому сопротивления резисторов R_1 — R_6 выбирают в зависимости от конкретного устройства. Для этого движок потенциометра стереобаланса устанавливают в среднее положение, а движки потенциометров регулировки громкости и тембра — в положение максимального усиления.

Подавая на вход усилителя сигналы величиной 50, 100, 150, 200 *мв*, последовательно замеряют ламповым милливольтметром напряжение на сетке лампы $Л_1$, которое должно быть одной и той же величины. Переключатель $П_1$ при этом устанавливается в положение соответствующей программы. В случае отклонения подбором сопротивлений резисторов R_1 — R_6 добиваются, чтобы напряжение на управляющей сетке входной лампы было равно 0,095 *в*.

Отрегулировав чувствительность, переходят к снятию характеристик усилителя. Для этого устанавливают переключатель рода работ в положение «Стерео», переключатель программы — в положение «Звукоснима-

тель», регуляторы тембра и усиления — в положение максимальной громкости. От звукового генератора подают на вход одного из каналов напряжения звукового сигнала в диапазоне частот от 20 *гц* до 20 *кгц* амплитудой 100 *мв.* Измеряя напряжение на нагрузочном резисторе при каждом значении частоты, снимают частотную характеристику всего усилителя при максимальной громкости и максимальных значениях тембра.

Аналогичным образом снимают характеристики усилителя при минимальной громкости и при минимальных значениях тембра ВЧ и НЧ: чем ближе характеристики стереоканалов друг к другу, тем ощутимее будет стереоэффект. Желательно, чтобы различие характеристик в различных положениях регуляторов громкости и тембра не превышало 5%.

После того как сняты характеристики каналов, проверяют работу регулятора стереобаланса. Подавая на входы усилителей сигнал частотой 1 *кгц* и амплитудой 0,1 *в,* замеряют напряжения на потенциометре R_{13}, которые должны изменяться не менее чем на 6 *дб* при крайних положениях движков потенциометров.

Для того чтобы определить величину разделения каналов, на вход одного из них подают сигнал частотой 1 *кгц* амплитудой 0,2 *в* (переключатель $П_1$ в положении «Звукосниматель») и измеряют напряжения на эквивалентах громкоговорителей каналов НЧ. Отношение значений замерянных величин напряжений не должно быть меньше 45 *дб.*

В заключение переходят к регулировке звуковых колонок. Прежде всего фазируют громкоговорители (эта операция неоднократно описывалась в литературе) и, отпаяв от выходных разъемов эквивалент нагрузок, поочередно подключают звуковые колонки к соответствующим каналам. Подавая от звукового генератора на вход этого же стереоканала сигналы от 20 *гц* до 20 *кгц* амплитудой, соответствующей максимальной мощности, прослушивают воспроизведение сигнала колонками во всем звуковом диапазоне. Если на какой-либо частоте появится дребезжание, нужно найти причину и устранить ее.

Окончательно установив колонки, соединяют усилитель с источником стереофонического сигнала, и регулировкой потенциометра «Баланс» добиваются наибольшего стереоэффекта в данном помещении.

ДЕТСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ АВТОМАТ АДЭ-2

В. Деденок

Принципиальная схема автомата АДЭ-2 приведена на рис. 1. Устройство выполнено из широкораспространенных радиодеталей и не представляет сложиости в изготовлении и монтаже.

АДЭ-2 имеет выносную ручку регулировки частоты «выстрелов», расположенную в прикладе. Потребление тока прибором при частоте «выстрелов» порядка 500—600 в минуту составляет 240 *ма.* Вес прибора с питанием порядка 940 *г.* В качестве источника питания используются элементы типа Э-343 с общим напряжением всей батареи порядка 9—15 *в.* Можно также использовать батарею типа «Крона» или аккумулятор 7Д-01.

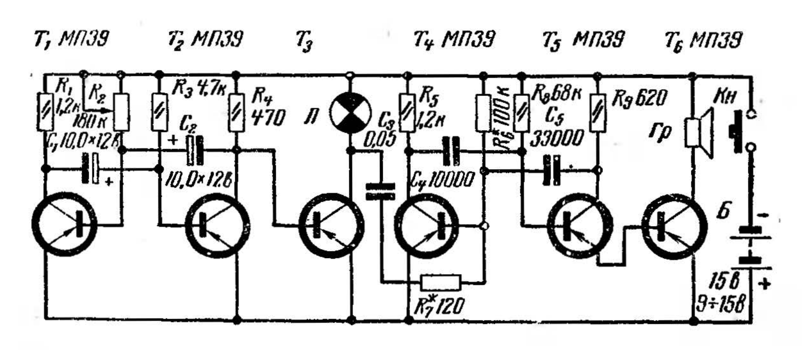


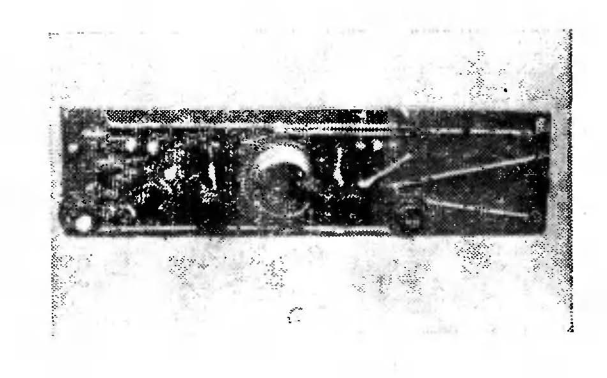
Рис. 1. Принципиальная схема ($R_7^* = 120$ *к*).

Как видно из схемы, прибор имеет формирователь, задающий и выходной генераторы, блок питания.

Задающий и выходной генераторы представляют собой мультивибраторы с однокаскадными усилительными элементами, связанными между собой по цепи питания. Так как задающий генератор представляет собой импульсный генератор, то величина потребляемого тока во время импульса очень велика, а во время паузы (спада) мала. Это явление заложено в основу модуляции по цепи питания. Частота звукового сопровождения имеет прямую зависимость от частоты низкочастотного генератора.

Рис. 2. Внешний вид автомата

Ввиду сильного спада напряжения питания звуковая сигнализация занижена в громкости. Для восстановления последней большую роль играет цепочка обратной связи R_7, C_3 (см. рис. 1); импульсное напряжение снимается с коллекторной нагрузки транзистора T_3 и по-



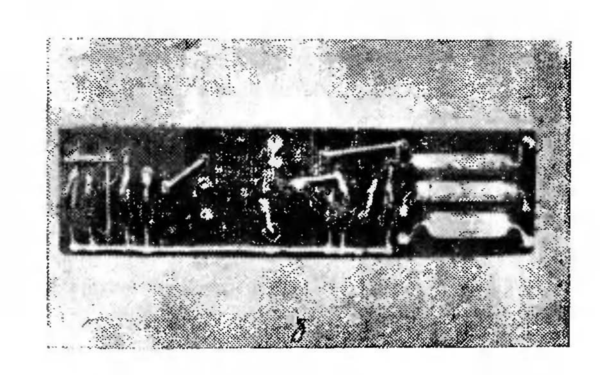


Рис. 3. Вид на монтаж: *а* — сверху, *б* — снизу

дается на вход выходного генератора. При понижении напряжения питания громкость и четкость выстрелов не понижается, так как за счет формирователя «выстрелов» подается дополнительное отпирающее напряжение на базу транзистора T_4.

Автомат может быть любой конструкции. Автором был использован игрушечный автомат воздушного типа, внешний вид которого приведен на рис. 2. Выносными элементами являются громкоговоритель *Гр*, лампа накаливания *Л*, регулятор частоты R_2 и кнопки питания *Кн*.

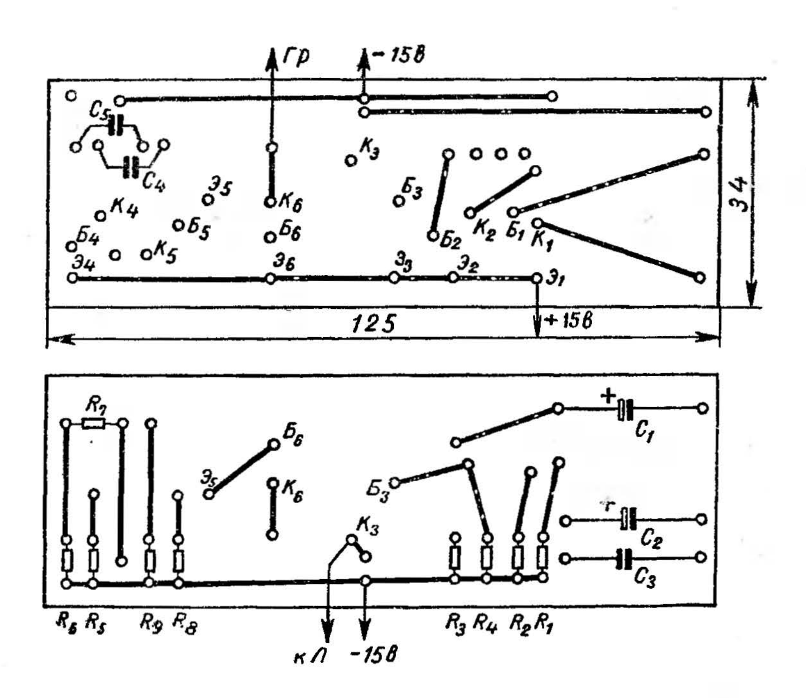


Рис. 4. Схема соединений элементов

В качестве индикатора звуковой сигнализации применяется микротелефон типа ДЭМ-4М (60 *ом*), а для создания светового импульса, имитирующего выстрел, применяется лампа накаливания типа МН-14 на 6,3 *в*. Кнопка подачи питания самодельная (два контакта от старого реле).

Монтаж схемы АДЭ-2 выполнен простым двухсторонним методом (рис. 3). В качестве монтажных лепестков используется посеребренный или залуженный провод диаметром 1—1,2 *мм,* примерная схема соединений которых показана на рис. 4.

В приборе применены конденсаторы C_1, C_2 типа «Тесла»; C_3 — МБМ; C_4, C_5 типа КЛС; резисторы R_1, R_3 — R_9 типа МЛТ-0,25; резистор R_2 типа «Тесла». Транзистор T_3 типа П214Г (с коэффициентом усиления $B=10$—18) можно заменить транзисторами типа П201 — П203. Остальные транзисторы должны иметь коэффициент усиления $B=8$—30.

Следует отметить, что в данном приборе не следует использовать транзисторы с очень высоким коэффициентом усиления, так как они, как правило, имеют «плавающую» рабочую точку на характеристике.

Тембр звука подбирается переменными резисторами R_6 и R_7, которые после получения желаемого результата заменяют постоянными.

Номиналы резисторов R_1, R_5 и R_9 можно изменять в 6—10 раз только в сторону увеличения, так как при уменьшении коллекторной нагрузки увеличивается протекаемый ток через транзистор и он может выйти из строя.

Увеличивая или уменьшая емкости конденсаторов C_1 и C_2, устанавливают необходимую частоту задающего генератора. Регулировочным винтом громкоговорителя добиваются необходимой громкости выстрелов.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

К. Аладагов

Электронный осциллограф предназначен для исследования периодических процессов в широком диапазоне частот, а также импульсов длительностью от 0,1 до 10 000 *мксек.* Чувствительность усилителя вертикального отклонения осциллографа равна 200 *мм* на 1 *в* эффективного значения напряжения в диапазоне частот от 20 *гц* до 9 *Мгц.* Неравномерность частотной характеристики усилителя в этом диапазоне не превышает ±1,0 *дб.*

Входное сопротивление усилителя вертикального отклонения около 3 *Мом* (емкость без кабеля не более 35 *пф*). Усилитель снабжен частотно-компенсированным входным делителем с коэффициентом деления 1 : 1, 1 : 10 и 1 : 100.

Усилитель горизонтального отклонения служит также усилителем синхронизирующего напряжения, чувствительность которого 40 *мм* на 1 *в* эффективного значения напряжения. Неравномерность частотной характеристики усилителя в диапазоне частот от 50 *гц* до 1 *Мгц* не более ±1,5 *дб*.

Генератор развертки осциллографа работает как в непрерывном, так и в ждущем режиме. Диапазон генерируемых частот от 5 *гц* до 500 *кгц* разбит на одиннадцать поддиапазонов и имеет плавную регулировку частоты, обеспечивающую перекрытие всех поддиапазонов.

Напряжение синхронизации непрерывной развертки не более 0,1 *в* эффективного значения. Синхронизация устойчива в диапазоне частот от 20 *гц* до 12 *Мгц*. Ждущая развертка запускается как положительным, так и отрицательным импульсом напряжения. Необходимая для запуска амплитуда импульса не превышает 0,1 *в*.

Для измерения частоты периодических процессов, а также длительности импульсов в осциллографе предусмотрен калибратор длительности. Калибратор генерирует частоты 10 *кгц*, 100 *кгц* и 1 *Мгц*, давая соответственно метки через 100, 10 и 1 *мксек*.

Для измерения амплитуды исследуемых процессов осциллограф снабжен также калибратором амплитуды, от которого на вход прибора подается стабилизированное напряжение с амплитудой 10, 1 и 0,1 *в*.

Мощность, потребляемая прибором от сети, не более 110 *ва*. Размеры осциллографа 170×210×290 *мм*.

Принципиальная схема. Осциллограф собран на девяти пальчиковых лампах и электроннолучевой трубке типа 8ЛО29И (рис. 1, *а, б, в*).

Первый каскад усилителя вертикального отклонения выполнен на лампе $Л_1$ типа 6Ж9П по схеме катодного повторителя, который обеспечивает высокое входное сопротивление усилителя и позволяет использовать низкоомный плавный регулятор уровня сигнала R_8, не вносящий частотных искажений.

Сигнал, полученный на выходе катодного повторите-

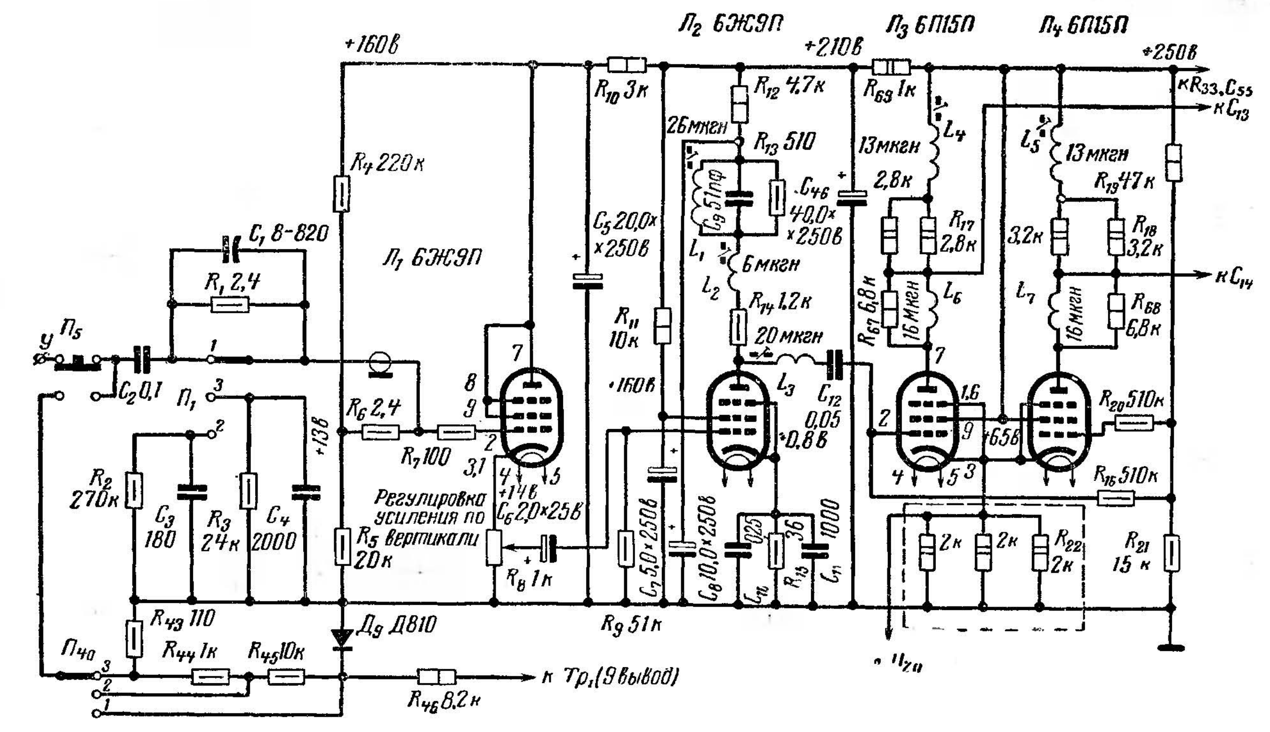


Рис. 1 а. Принципиальная схема осциллографа (C_1=8—25 *пф*).

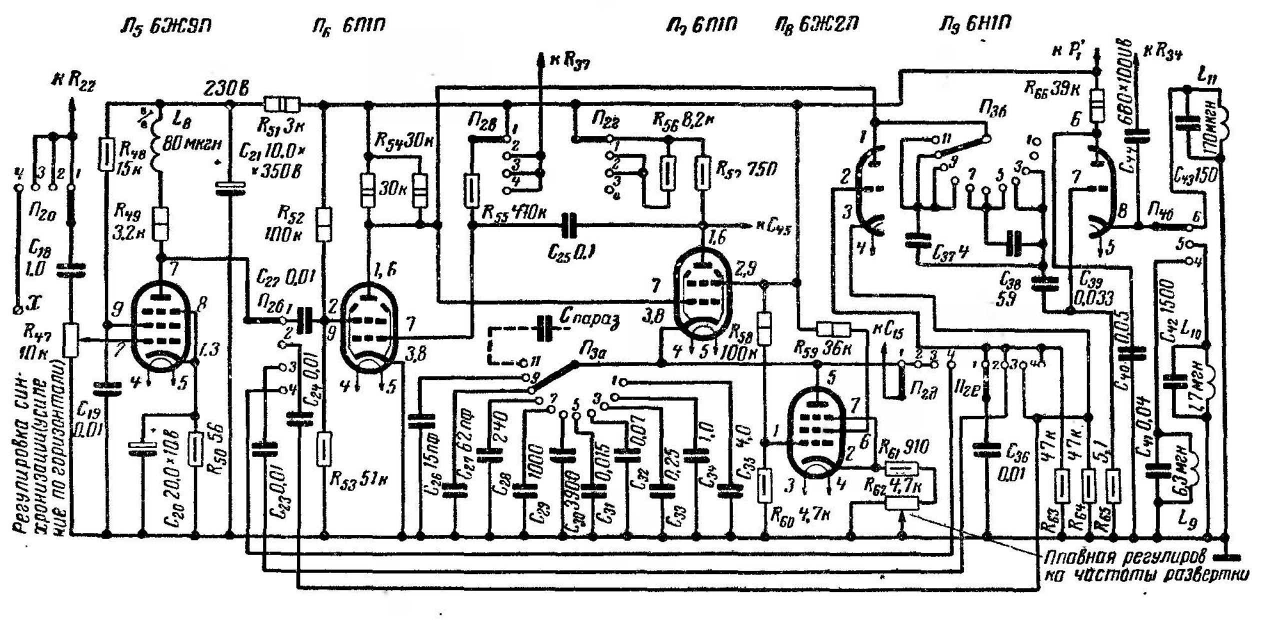


Рис. 1, б. Принципиальная схема осциллографа

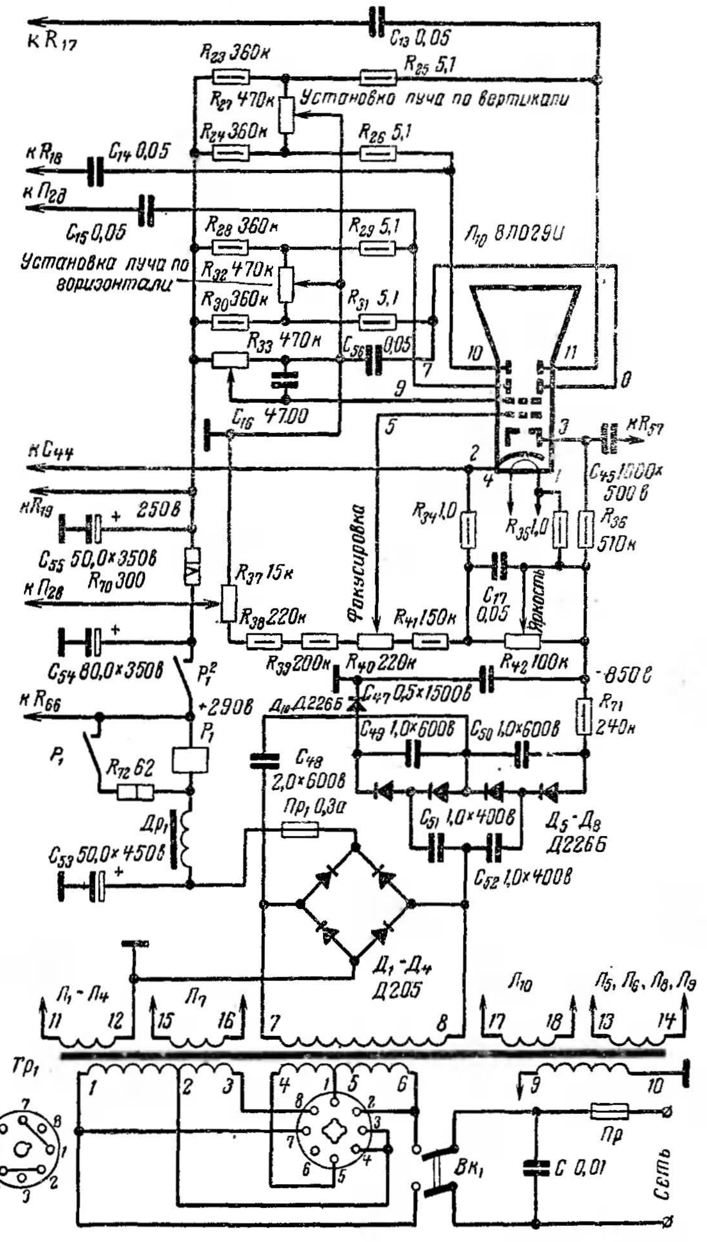


Рис. 1, в. Принципиальная схема осциллографа ($C_{51} = 1,0 \times 600$ в, $C_{52} = 1,0 \times 1000$ в)

ля, усиливается каскадом, собранным на лампе $Л_2$ типа 6Ж9П, и поступает на оконечный каскад, выполненный на лампах $Л_3$ и $Л_4$ типа 6П15П по парафазной схеме. Такая схема обладает фазоинвертирующим свойством благодаря наличию общего, достаточно большого катодного сопротивления. «Фазорасщепление» осуществляется следующим образом.

При подаче на сетку лампы $Л_3$ сигнала, например, положительной полярности ее анодный ток возрастет, что вызовет увеличение падения напряжения на общем катодном резисторе R_{22} и соответственно увеличение потенциала катода относительно сетки лампы $Л_4$, постоянный потенциал которой определяется делителем напряжения R_{19}, R_{21}. При этом анодный ток лампы $Л_4$ уменьшается почти на ту же величину, на которую увеличивается ток лампы $Л_3$. Таким образом, на анодных нагрузках ламп $Л_3$ и $Л_4$ получаются равные по величине и противоположные по фазе усиленные напряжения сигнала, которые затем через конденсаторы C_{13} и C_{14} поступают на отклоняющие пластины трубки $Л_{10}$. Небольшая асимметрия выходного напряжения парафазного каскада устраняется подбором несколько отличающихся по величине сопротивлений резисторов R_{17} и R_{18}.

Применение в выходном каскаде мощных пентодов типа 6П15П позволило при относительно малых анодных нагрузках, обусловленных шириной полосы пропускания каскада, получить достаточную для отклонения луча неискаженную амплитуду напряжения. Как в оконечном, так и в предоконечном каскадах для расширения полосы усиливаемых частот и выравнивания частотной характеристики применена частотная коррекция. Оконечный каскад корректируется в области высоких частот с помощью катушек индуктивности L_4 — L_7, компенсирующих влияние паразитных емкостей, шунтирующих анодные нагрузки ламп. В предоконечном каскаде предусмотрена как высокочастотная, так и низкочастотная коррекция. В области высших частот (7—9 *Мгц*) частотную характеристику корректируют с помощью катушек индуктивности L_2 и L_3, а в области низших частот — с помощью фильтра R_{12}, C_8. Контур L_1, C_9 выравнивает завал характеристики в области частот 4—5 *Мгц*.

Генератор развертки выполнен на лампах $Л_6$ — $Л_8$ по незначительно видоизмененной схеме Паккла. Схема

вырабатывает пилообразное напряжение развертки путем заряда и разряда одного из конденсаторов C_{26} — C_{35}, задающих диапазон частоты развертки. Разряд конденсатора осуществляется через пентод $Л_8$, анодный ток которого мало зависит от напряжения на аноде. Поэтому ток разряда конденсатора остается почти постоянным и напряжение на нем уменьшается по закону, близкому к линейному. Стабилизации тока разряда способствует также подключение к катоду лампы $Л_8$ резистора R_{61}. Таким образом достигается линейность прямого хода развертки.

Переключение диапазонного конденсатора с заряда на разряд в режиме непрерывной развертки (I положение переключателя $П_2$) осуществляется лампами $Л_6$ и $Л_7$ следующим образом. В течение прямого хода развертки лампа $Л_6$ отперта положительным смещением на сетке, а лампа $Л_7$ заперта низким напряжением анода лампы $Л_6$, соединенного с сеткой $Л_7$. По мере разряда конденсатора через пентод $Л_8$ потенциал катода лампы $Л_7$ равномерно уменьшается, оставаясь в течение прямого хода бо́льшим, чем потенциал ее сетки. Когда потенциал катода лампы $Л_7$ понизится настолько, что она начнет отпираться, напряжение на ее аноде уменьшится. Это, в свою очередь, вызовет (благодаря наличию связи через конденсатор C_{25}) уменьшение анодного тока лампы $Л_6$ и, следовательно, увеличение потенциала ее анода и сетки лампы $Л_7$, анодный ток которой при этом еще более возрастет. Происходит быстрое, лавинообразное опрокидывание переключающей схемы, в результате которого лампа $Л_6$ оказывается запертой, а $Л_7$ — отпертой. Начинается обратный ход развертки. Диапазонный конденсатор заряжается через лампу $Л_7$ и резистор R_{57}, который с целью увеличения тока заряда конденсатора и соответственного уменьшения длительности обратного хода развертки выбирается небольшой величины. По мере заряда конденсатора потенциал катода лампы $Л_7$ повышается, вызывая уменьшение ее анодного тока и соответственное увеличение потенциала сетки лампы $Л_6$. В момент достижения напряжения отсечки вновь происходит лавинообразное опрокидывание схемы. Лампа $Л_6$ отпирается, а $Л_7$ запирается. Начинается прямой ход следующего периода развертки.

Выбор диапазона частоты развертки производится

переключателем $П_{3а}$. Одиннадцатый диапазон генератора, соответствующий наивысшей генерируемой частоте, не имеет конденсатора. На этом диапазоне генератор развертки работает за счет паразитной емкости, шунтирующей катод лампы $Л_7$. Плавная регулировка частоты в пределах каждого диапазона осуществляется изменением тока разряда конденсатора (анодного тока лампы $Л_8$) потенциометром R_{62}. Синхронизация генератора развертки в автоколебательном режиме обеспечивается подачей синхронизирующего напряжения на экранную сетку лампы $Л_6$.

При исследовании импульсных процессов генератор переводится в режим ждущей развертки установкой переключателя $П_2$ в зависимости от полярности исследуемых импульсов во второе или третье положение. В этих положениях на управляющую сетку лампы $Л_6$ через контакты $П_{2в}$ подается отрицательное напряжение с потенциометра R_{37}, запирающее лампу $Л_6$. В результате генерация прекращается, лампа $Л_7$ остается в отпертом состоянии и после заряда конденсатора в цепи ее катода.

Запуск ждущей развертки отрицательным импульсом осуществляется во втором положении переключателя $П_2$, а положительным импульсом в третьем положении. При этом импульс синхронизации подается через контакты переключателя $П_{2б}$ соответственно на катод или сетку левого по схеме триода лампы $Л_9$. Триод, который до прихода синхроимпульса находился в запертом состоянии благодаря наличию большого сопротивления резистора R_{64} в цепи его катода, отпирается. На общей анодной нагрузке R_{54} возникает импульс отрицательной полярности, запирающий лампу $Л_7$, через которую протекает незначительный анодный ток лампы $Л_8$. Изменение этого тока вызывает на анодной нагрузке лампы $Л_7$ положительный импульс напряжения, отпирающий лампу $Л_6$. (Сопротивление нагрузки в режиме ждущей развертки значительно увеличено подключением резистора R_{56}). Происходит опрокидывание переключающей схемы на время прямого хода развертки. Затем схема возвращается в исходное состояние. Увеличение длительности обратного хода развертки, вызываемое включением резистора R_{56} в анодную цепь лампы $Л_7$, в режиме ждущей развертки значения не имеет.

Напряжение развертки с катода лампы $Л_7$ через контакты переключателя $П_{2д}$ подается на горизонтально-отклоняющие пластины *7* и *8* электроннолучевой трубки. Они обладают бо́льшей чувствительностью по сравнению с пластинами *10, 11* и не дают трапецеидальных искажений при подведении к ним несимметричного напряжения. Затемнение луча при обратном ходе развертки осуществляется при подаче импульса отрицательной полярности с анода лампы $Л_7$ на управляющий электрод *3* электроннолучевой трубки.

Напряжение для синхронизации непрерывной и запуска ждущей разверток предварительно усиливается усилителем синхронизации, выполненным на лампе $Л_5$. Напряжение синхронизации подается на вход усилителя с резистора R_{22}, включенного в катодные цепи ламп $Л_3$ и $Л_4$. Такая связь не вносит частотных искажений в тракт усилителя вертикального отклонения. Уровень синхронизации регулируется потенциометром R_{47}.

Усилитель синхронизации может быть использован в качестве усилителя горизонтального отклонения. Для этого переключатель $П_2$ устанавливают в четвертое положение. В этом положении вход усилителя подключен контактами $П_2$ к разъему «*X*» осциллографа, а выход к горизонтально-отклоняющим пластинам электроннолучевой трубки. Генератор развертки при этом переключателями $П_{2д}$ и $П_{2г}$ отключают от пластин и источника анодного питания. Следует отметить, что ввиду нелинейности характеристики лампы 6Ж9П получить на выходе горизонтального усилителя неискаженную амплитуду напряжения, достаточную для нормального отклонения луча, невозможно. Поэтому усилитель горизонтального отклонения может быть использован для ориентировочных измерений.

Определение масштаба по оси времени в режиме непрерывной и ждущей разверток осуществляется с помощью калибратора длительности. Получение масштабных отметок на экране достигается периодической модуляцией яркости луча напряжением известной частоты. Это напряжение вырабатывается генератором с ударным возбуждением, собранным на правом по схеме триоде лампы $Л_9$, в катодную цепь которого переключателем $П_{4б}$ (*4, 5* и *6* положения) подключают резонансные *L, C* контуры, настроенные на частоты 10, 100 и 1000 *кгц*. Воз-

буждение колебаний в контуре происходит в момент запирания лампы. При этом в нем возникают свободные, постепенно затухающие колебания. При отпирании лампы колебания быстро затухают, так как контур шунтируется внутренним сопротивлением открытой лампы.

Для запирания и отпирания лампы используется импульсное напряжение на аноде лампы $Л_6$, управляющее лампой $Л_7$ генератора развертки. Этим напряжением лампа калибратора запирается на время прямого хода развертки и отпирается во время обратного хода одновременно с лампой $Л_7$. Таким образом достигается синхронизация работы калибратора с напряжением развертки, обеспечивающая устойчивое изображение масштабных отметок на экране осциллографа.

Связь генератора развертки с калибратором длительности осуществляется через конденсаторы C_{37} — C_{39}, которые включают в цепь сетки триода переключателем $П_{3\,6}$ в зависимости от диапазона частоты развертки. Такая связь позволяет свести к минимуму искажения формы напряжения развертки на высоких частотах шунтирующим действием входной цепи калибратора длительности.

Контуры в схеме генератора ударного возбуждения должны иметь достаточно высокую добротность, обеспечивающую постоянную времени затухания колебаний, превышающую длительность прямого хода развертки. Изготовление L, C контура с высокой добротностью на частоты 1,0 *кгц* и менее — задача практически неосуществимая. В связи с этим калибровка длительности на первых двух низкочастотных диапазонах развертки с помощью генератора с ударным возбуждением невозможна и запуск генератора на этих диапазонах не производится. Модуляция луча калиброванным по частоте напряжением осуществляется при подаче его через конденсатор C_{44} на катод электроннолучевой трубки.

Калибратор амплитуды выполнен по схеме амплитудного ограничителя на кремниевом стабилитроне $Д_9$ типа Д810 с напряжением стабилизации 10 *в*. Нагрузкой ограничителя служит делитель напряжения R_{43}, R_{44}, R_{45} с коэффициентом деления 10 и 100. Питается ограничитель от специальной обмотки трансформатора питания переменным напряжением 50 *в*. Стабилизированное напряжение трапецеидальной формы с амплитудой 10, 1 и 0,1 *в*

(выбор необходимой амплитуды производится переключателем $П_{4а}$ в *1, 2* и *3* положениях) через кнопочный переключатель $П_5$ подается на вход усилителя вертикального отклонения. Калибровка производится сравнением амплитуд исследуемого и калиброванного напряжения.

Блок питания осциллографа содержит трансформатор $Тр_1$, выпрямитель анодного напряжения и высоковольтный выпрямитель, собранный по схеме учетверения напряжения и служащий для питания электродов трубки. Выпрямители снабжены сглаживающими фильтрами и питаются от одной общей вторичной обмотки трансформатора питания. Учетверитель напряжения подключен к этой обмотке через конденсатор C_{48}, разделяющий цепи питания выпрямителей по постоянному току и предотвращающий короткое замыкание. В сглаживающем фильтре анодного питания применены малогабаритные конденсаторы с рабочим напряжением 250 и 350 *в*. Для предотвращения пробоя этих конденсаторов их подключают к выпрямителю только после прогрева ламп осциллографа. Для этого в цепь анодного тока включена обмотка реле P_1, которое срабатывает от анодного тока ламп $Л_5$ — $Л_9$. При этом контакты реле замыкаются, и на защищаемую часть схемы подается напряжение. Резистор R_{72} шунтирует обмотку реле при включении полной нагрузки, предохраняя ее от перегрева.

Высоковольтный выпрямитель нагружен на делитель напряжения R_{37} — R_{42}, с которого необходимые напряжения подаются на электроды трубки. Регулировка яркости осуществляется потенциометром R_{42}. Регулировка фокусировки — потенциометром R_{40}. Вертикальная и горизонтальная установка луча производится потенциометрами R_{27} и R_{32}. Напряжение, фиксирующее положение луча на экране трубки, снимается с диагоналей мостов, образованных резисторами R_{23}, R_{24}, R_{27} и R_{28}, R_{30}, R_{32}. Через резисторы R_{25}, R_{26}, R_{29} и R_{31} это напряжение подается на отклоняющие пластины. Питаются мостовые схемы от источника анодного напряжения.

Конструкция и детали. Прибор смонтирован в корпусе из листового дюралюминия размером 170×210×290 *мм*.

Шасси осциллографа имеет коробчатую конструкцию и скреплено с лицевой панелью. В верхней части шасси установлена электроннолучевая трубка, по обе стороны

которой расположены съемные дюралюминиевые панели. На одной панели смонтирован усилитель вертикального отклонения, на другой — генератор развертки, усилитель синхронизации и калибратор длительности. Панели прикреплены к шасси металлическими стойками. В нижней части шасси расположены: трансформатор питания, выпрямители, сглаживающие фильтры, калибратор амплитуды, контуры калибратора длительности, переключаемые конденсаторы генератора развертки, колодки с предохранителями.

На лицевой панели смонтированы все органы управления осциллографом (рис. 2). Рукоятки потенциометров R_{33} и R_{37} не выведены на лицевую панель, так как ими пользуются только при наладке прибора. Для защиты от воздействия магнитных полей электроннолучевая трубка заключена в стальной экран. С этой же целью снабжен стальным экраном и трансформатор $Тр_1$. Для уменьшения наводок на высокоомном входе вертикального усилителя все детали входного делителя вместе с переключателями $П_1$ и $П_5$ смонтированы в непосредственной близости от коаксиального входа и заключены в алюминиевый экран. Входной делитель соединен с управляющей сеткой лампы $Л_1$ отрезком коаксиального кабеля.

При монтаже вертикального усилителя детали следует размещать таким образом, чтобы паразитные параметры и связи схемы были минимальны. Резисторы, конденсаторы, корректирующие катушки следует располагать в непосредственной близости от ламп, причем детали и монтажные проводники, относящиеся к анодным цепям и цепям управляющих сеток, должны быть максимально удалены от других деталей и шасси.

Намоточные данные катушек индуктивности, трансформатора и дросселя фильтра приведены в таблице. Ввиду того что невозможно заранее точно учесть величины паразитных емкостей схемы, число витков корректирующих катушек окончательно подбирается при наладке прибора.

Следует иметь в виду, что при работе осциллографа выделяется значительное количество тепла. Для предотвращения перегрева деталей следует предусмотреть меры для охлаждения (вентиляции) прибора.

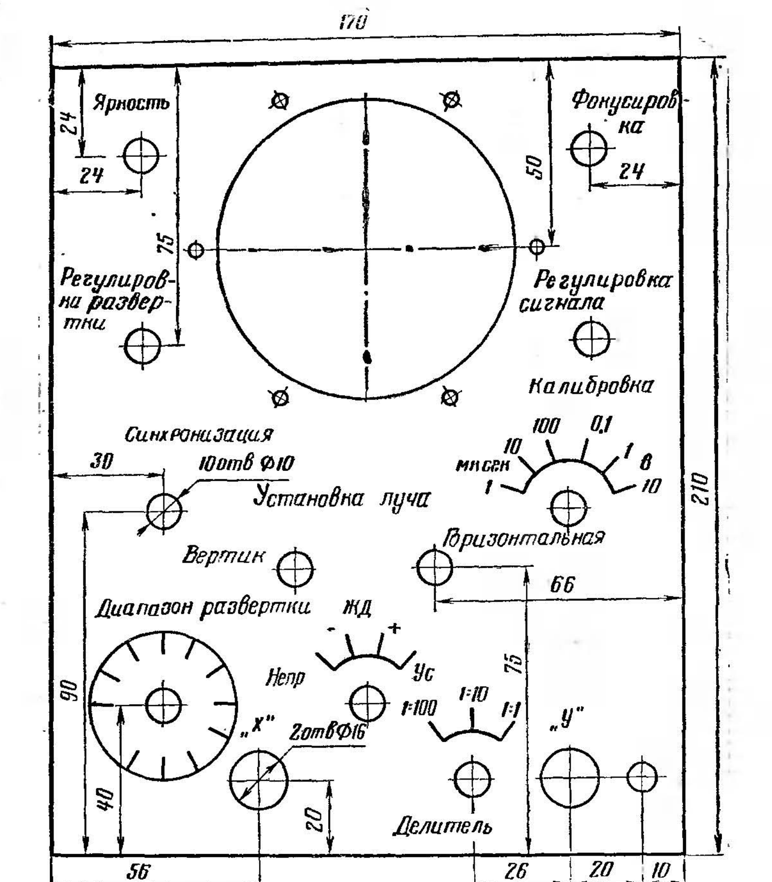


Рис. 2. Лицевая панель осциллографа

Налаживание прибора. Регулировку осциллографа начинают с установки питающих напряжений согласно принципиальной схеме и с их корректировки в случае надобности. Затем проверяют цепи питания электродов электроннолучевой трубки. Для этого сначала отсоединяют от отклоняющих пластин трубки проводники, связывающие их с усилителем вертикального отклонения и генератором развертки.

Потенциометром R_{42} устанавливают максимальную яркость луча. Затем, перемещая луч по экрану с по-

Таблица

Обозначение по схеме	Число витков	Марка и диаметр провода, *мм*	Индуктивность, *мкгн*	Сердечник	Примечание
L_1	46	ПЭЛШО 0,14	26	СЦР-1	Диаметр каркаса 8 *мм*, намотка внавал
L_2	22	ПЭЛШО 0,14	6	СЦР-1	То же
L_3	40	ПЭЛШО 0,14	20	СЦР-1	»
L_4, L_5	32	ПЭЛШО 0,14	13	СЦР-1	»
L_8	84	ПЭЛШО 0,14	80	СЦР-1	»
L_6, L_7	68	ПЭЛШО 0,14	16		Намотаны внавал на резисторах R_{67} и R_{68} типа МЛТ-1
L_9	385	ПЭЛШО-0,2	6300	1/2 СБ-5а	Намотка «универсаль»
L_{10}	175	ПЭЛШО 0,14	1700	СБ-3А	То же
L_{11}	95	ПЭЛШО 0,14	170	СБ-1А	»
Др$_1$	3500	ПЭВ-0,3	5—6 *гн*	Ш-18×27	
Тр, 1—2—3	475+75	ПЭВ-0,53		Ш-25×52	Обмотки *1—2—3* и *4—5—6* отделены от остальных экраном из латунной фольги
4—5—6	75+475	ПЭВ-0,53			Обмотка *17—18* изолирована от остальных тремя слоями лакоткани
7—8	1220	ПЭВ-0,35			
9—10	230	ПЭВ-0,1			
11—12	30	ПЭВ-1,2			
13—14	30	ПЭВ-1,0			
15—16	30	ПЭВ-0,53			
17—18	30	ПЭВ-0,53			
P_1	До заполнения	ПЭЛ-0,1			Реле типа РСМ-1, обмотка перемотана, ток срабатывания 40 *ма*

мощью потенциометров R_{32} (смещение по оси «X») и R_{27} (смещение по оси «$У$») и вращая рукоятку потенциометров R_{40} (фокус) и R_{33} (линейность), добиваются наилучшей фокусировки луча по всему полю экрана.

Отрегулировав управление электронным лучом, приступают к настройке генератора развертки, предварительно подсоединив выход его к горизонтально отклоняющим пластинам. Переключатель $П_2$ устанавливают в первое положение, соответствующее режиму непрерывной развертки, при этом на экране должна появиться горизонтальная линия. Линейность пилообразного напряжения развертки лучше всего проверить, подавая его на вход какого-либо другого контрольного осциллографа.

Обычно генератор развертки, собранный по приведенной схеме, особой наладки не требует. Однако следует иметь в виду, что, увеличивая сопротивления резисторов R_{57} и R_{54}, можно несколько увеличить амплитуду развертки, но при этом соответственно увеличивается длительность обратного хода развертки и снижается верхний предел генерируемых частот.

Настройку генератора в режиме ждущей развертки производят в следующем порядке. Движок потенциометра R_{47} устанавливают в крайнее нижнее (по схеме) положение, переключатель $П_2$ переводят поочередно во второе и третье положение. Потенциометром R_{37} постепенно увеличивают отрицательный потенциал на управляющей сетке лампы $Л_6$ до тех пор, пока не наступит срыв генерации при обоих положениях переключателя $П_2$, соответствующих ждущей развертке. Затем, переведя ползунок потенциометра R_{47} в верхнее по схеме положение, следует проверить запуск ждущей развертки положительным и отрицательным импульсами напряжения, подаваемыми на вход прибора. Для этой цели можно использовать напряжение калибратора амплитуды.

После настройки генератора развертки приступают к корректировке усилителей горизонтального и вертикального отклонения. В первую очередь проверяют режимы ламп согласно схеме. Затем снимают частотные характеристики, подавая на вход осциллографа напряжение постоянной амплитуды от генератора стандартных сигналов и измеряя амплитуду на экране электроннолучевой трубки. В случае необходимости производят корректировку частотных характеристик, подбирая величины

емкостей конденсаторов C_8 — C_{10} и индуктивностей L_1 — L_8, которые могут несколько отличаться от указанных на схеме. Коррекцию усилителя вертикального отклонения следует начинать с оконечного каскада. Затем регулируют остальные каскады и подстраивают входной делитель.

Регулировка калибратора длительности сводится к настройке контуров L_9, C_{41}; L_{10}, C_{42}; L_{11}, C_{43} на частоты 10, 100 и 1000 *кгц*. Для этого на вход прибора подают напряжение с частотой, на которую настраивается контур. Переключатель диапазонов генератора развертки ставят в положение, при котором на экране можно получить максимальное количество меток, затем, вращая подстроечный сердечник, добиваются совпадения меток с каждой волной синусоиды.

Калибратор амплитуды при точно подобранных элементах делителя наладки не требует.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ЕЛОЧНЫХ ГИРЛЯНД НА ШАГОВОМ ИСКАТЕЛЕ

Л. Редькина,
Б. Редькин

Описанные ранее в журналах «Радио» переключатели елочных гирлянд имеют одно преимущество — относительно малые размеры конструкции. Но они обладают двумя существенными недостатками: во-первых, нельзя составить несколько комбинаций переключения гирлянд, так как гирлянды переключаются поочередно; во-вторых, они переключают гирлянды, в которых лампочки соединены последовательно; при перегорании одной лампочки не будет гореть вся гирлянда.

Схема с параллельным включением лампочек и возможностью составления комбинаций переключения гирлянд приведена на рисунке. Схема переключает три гирлянды и лампочку $Л_2$ (подсвет звезды).

Состояние гирлянды определяется положением контактов шагового искателя (*ШИ*). Если к контакту подведено напряжение и он соединен со щеткой, то гирлянда горит. Меняя порядок подведения напряжения к кон-

тактам *ШИ*, можно получить различные комбинации состояний гирлянд. В табл. 1 приведен один из вариантов состояний гирлянд для ШИ-11.

Схема работает следующим образом. Конденсатор C_1 заряжается от выпрямителя (диод $Д_1$) через резистор R_1 до напряжения зажигания тиратрона МТХ-90. Для уменьшения напряжения зажигания сетка и катод тиратрона соединены между собой. При зажигании тиратрона конденсатор разряжается через тиратрон и обмотку реле P_1. При протекании через обмотку реле тока разряда конденсатора C_1 реле P_1 срабатывает, и его контакты замыкаются. При этом через обмотку *ШИ* проходит ток, и *ШИ* переключается на один шаг (щетка переходит в следующее положение). На диоде $Д_2$ собран выпрямитель для питания обмотки *ШИ*.

Таблица 1

№ контакта *ШИ*	№ гирлянды			
	1	2	3	$Л_2$
1	+	+	+	+
2	+	—	—	+
3	—	+	+	+
4	—	—	—	+
5	+	—	+	+
6	+	—	—	+
7	—	+	—	+
8	—	—	+	+
9	+	+	+	+
10	+	+	+	+
11	—	—	—	—

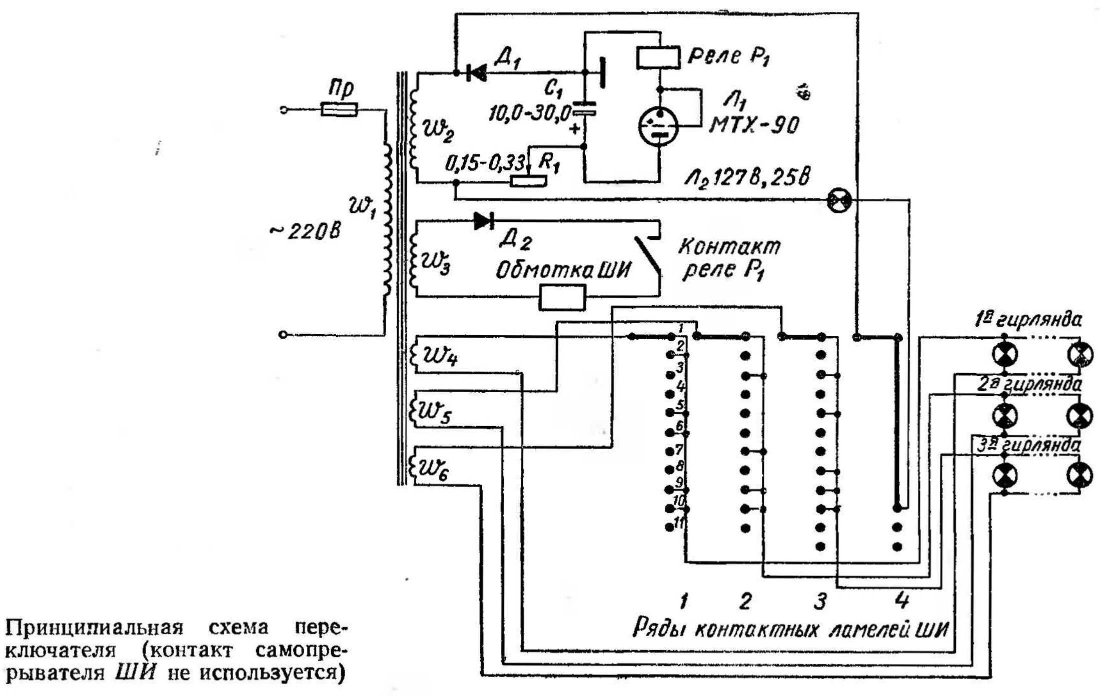
Примечание. «+» — включено, «—» — выключено.

Через некоторое время, определяемое постоянной времени цепи разряда конденсатора C_1, ток разряда уменьшается настолько, что становится меньше тока отпускания реле. Контакты реле P_1 размыкаются, разрывая цепь питания *ШИ*. При разряде конденсатора C_1 до определенного напряжения тиратрон гаснет. Далее весь процесс повторяется.

Время нахождения гирлянды во включенном состоянии определяется постоянной времени ($\tau = R_1 \cdot C_1$) цепи заряда конденсатора C_1 и может изменяться от 1 до 10 *сек* (при значениях R_1 и C_1, указанных на схеме) изменением сопротивления резистора R_1.

В качестве $Д_1$ и $Д_2$ можно использовать диоды типа Д226, Д7Ж, Д211 или другие, у которых значение выпрямленного тока порядка 400 *ма*.

Вместо тиратрона типа МХТ-90 можно включить неоновую лампочку типа МН3—МН8, при этом число витков обмотки w_2 надо увеличить до 500. В качестве реле P_1 можно использовать любое реле, имеющее ток срабатывания 10—30 *ма*.



Принципиальная схема переключателя (контакт самопрерывателя *ШИ* не используется)

Сечение сердечника трансформатора 6—7,5 *см*². Намоточные данные трансформатора приведены в табл. 2.

Каждая гирлянда представляет из себя 20 параллельно включенных лампочек накаливания на 6,3 *в* и 0,28 *а*. Лампочки окрашены декоративным лаком.

Если лампочки на другое напряжение, то необходимо соответственно изменить число витков обмоток w_4 — w_6.

Таблица 2

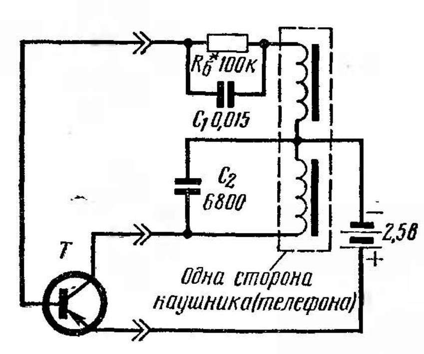
Обмотка трансформатора	Число витков	Марка провода и диаметр
w_1	900	ПЭЛ 0,41
w_2	350	ПЭЛ 0,28
w_3	220	ПЭЛ 0,41
w_4	30	ПЭЛ 0,86
w_5	30	ПЭЛ 0,86
w_6	30	ПЭЛ 0,86

Переключатель собран на шаговых искателях типов ШИ-11 и ШИ-17.

ПРОСТОЙ ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

В. Бабаев

Существуют различные приборы для проверки транзисторов. Но эти приборы из-за дороговизны не всегда есть у радиолюбителей. Многие же самодельные приборы требуют специального измерительного прибора (миллиамперметра или микроамперметра). Поэтому для про-



Принципиальная схема испытателя транзисторов

верки маломощных транзисторов предлагается устройство (см. рис.), которое просто в налаживании и удобно в обращении.

Прибор имеет всего четыре детали (включая источник питания), которые свободно помещаются внутри высокоомных электромагнитных телефонных наушников (аналогичное устройство нетрудно сделать на основе низкоомных телефонных наушников).

Испытываемый транзистор проверяют в режиме генерации. Обмотки телефона совместно с испытываемым транзистором составляют трехточечный автогенератор. Для проверки транзистора последний включают в гнезда, которые сделаны в телефоне. Если транзистор исправен, то генератор генерирует звуковые колебания, которые хорошо слышны.

При проверке рекомендуется базу транзистора включать первой (многочисленная проверка разнообразных транзисторов показала, что из-за большого сопротивления обмотки катушки телефона тепловой пробой отсутствует).

Следует отметить, что частота генерируемых колебаний зависит от коэффициента усиления β транзистора (если β малое, то частота высокая, и наоборот). По этому признаку опытный радиолюбитель может судить о коэффициенте усиления транзистора.

При изготовлении прибора рекомендуется сначала собрать устройство на макете с транзистором, который имеет небольшое β (например, 15), и подобрать сопротивление резистора $R_б$. При этом потребляемый ток в режиме генерации должен быть не меньше 150 *мка.*

Детали $R_б$, C_1 и C_2 малогабаритные. В качестве источника применяется два элемента типа Д-0,06. Устройство потребляет ток только при включении испытываемого транзистора.

Для проверки транзисторов типа *n-p-n* необходимо менять полярность источника питания.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ *

Для современных портативных приемников, радиол и магнитофонов характерным является значительное повышение требований к качеству их звучания. В первую оче-

---

* Статья опубликована в английском журнале «Padio and Electrical Retailing", vol. 24, N 6, june 1969, pp. 73—74, перевод и редакция В. А. Васильева.

редь это касается повышения выходной мощности и расширения полосы пропускаемых частот. Если несколько лет назад для портативных приемников считалась приемлемой максимальная выходная мощность до 100—150 *мва*, то сейчас требуется 400—600 *мва* и более. Кроме того, введение диапазона УКВ ЧМ требует расширения полосы пропускания с 300—3500 *гц* до 80—10000 *гц*.

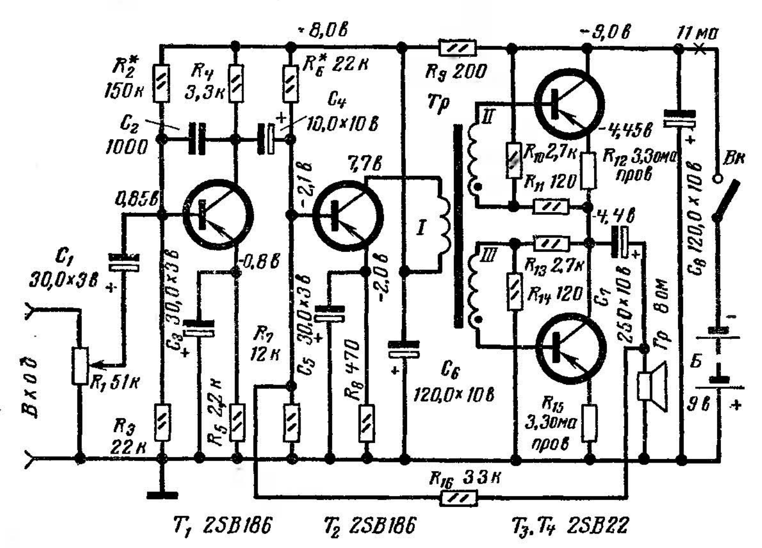
Повышение требований к усилителям НЧ привело к заметному усложнению их схем, в частности, к увеличению числа используемых в них транзисторов с 3—4 до 6—8 и более. Такие усилители выполняются главным образом по бестрансформаторной схеме. В этом отношении для радиолюбителей представляют большой практический интерес высококачественные усилители НЧ, применяемые в ряде английских приемников и радиол, содержащих всего по четыре транзистора. Ниже приведено описание усилителя НЧ портативной радиолы типа «Alba 3000».

Основные характеристики усилителя НЧ.

Максимальная выходная мощность . . .	600 *мва.*
Номинальная выходная мощность (при коэффициенте нелинейных искажений 10%) . . .	400 *мва*
Чувствительность при номинальной выходной мощности	8—10 *мв*
Полоса пропускаемых частот	100—8000 *гц*
Начальное напряжение питания	9 *в*
Потребляемый ток при минимальной громкости	11 *ма*
при максимальной громкости . . .	140 *ма*

Принципиальная схема усилителя НЧ портативной радиолы типа «Alba 3000» на четырех транзисторах малой (T_1, T_2) и средней (T_3, T_4) мощности приведена на рисунке. Первый каскад на транзисторе T_1 выполнен по реостатной схеме. Напряжение сигнала подается на базу транзистора T_1 с движка потенциометра R_1, являющегося регулятором громкости, через конденсатор C_1. Второй каскад на транзисторе T_2 является фазоинвертирующим. В цепи коллектора транзистора T_2 включена первичная обмотка согласующего трансформатора *Тр*. Вторичные обмотки трансформатора (*II* и *III*) изолированы друг от друга и используются для противофазного возбуждения транзисторов оконечного каскада T_3 и T_4, включенных по постоянному току последовательно и работающих в режиме класса АВ.

Такое включение транзисторов оконечного каскада уже известно и применяется в портативных приемниках более 15 лет главным образом потому, что при этом хорошо используются усилительные свойства транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером, а также отсутствует выходной трансформатор — источник больших искажений сигнала и причина малого к.п.д.



Принципиальная схема усилителя НЧ

Для нормальной работы транзисторов T_3 и T_4 необходимо начальное смещение на их базах относительно эмиттеров, которое создается с помощью делителей напряжения на резисторах R_{10}, R_{11} и R_{13}, R_{14}. Нагрузкой усилителя служит громкоговоритель *Гр*, подключенный к выходу оконечного каскада через переходный конденсатор C_7. Постоянный резистор R_{16}, включенный между громкоговорителем и базой транзистора T_2, осуществляет отрицательную обратную связь, которая уменьшает искажения сигнала, вносимые двумя последними каскадами усилителя. Кроме того, резисторы R_{12} и R_{15}, включенные в эмиттерные цепи транзисторов T_3 и T_4, осуществляют местную отрицательную обратную связь, повышающую стабильность режима работы оконечного каскада при изменении температуры воздуха.

По сравнению с известными бестрансформаторными усилителями НЧ на транзисторах различной проводимости (*п-р-п* и *р-п-р*) в данном усилителе достигается требуемая выходная мощность при меньшем числе транзисторов, что можно объяснить наличием согласующего трансформатора и включением транзисторов по схеме с общим эмиттером, а не коллектором, как это имеет место в бестрансформаторных усилителях.

Детали. Описываемый усилитель НЧ может быть собран на отечественных деталях, причем его характеристики практически не изменятся.

Транзисторы T_1 и T_2 могут быть типа МП40 — МП42 с усилением по току $B=40$—80. Транзисторы T_3 и T_4 типа ГТ402А — ГТ402Б или ГТ403А — ГТ403Г желательно с близкими значениями коэффициентов усиления по току $B=40$—120. Постоянные резисторы R_{12} и R_{15} — самодельные. Их можно намотать высокоомным проводом, например нихромом, поверх корпуса постоянного резистора типа УЛМ или МЛТ-0,25. Остальные постоянные резисторы типа МЛТ-0,5 или МЛТ-0,25, УЛМ. Потенциометр R_1 регулятора громкости типа ТК или ТК-Д, СП-3, совмещенный с выключателем питания *Вк.*

Электролитические конденсаторы типа К50-3 или К50-6 на рабочее напряжение 6 *в* (для C_1, C_3 и C_5) и 10—12 *в* для всех остальных.

Динамический громкоговоритель *Гр* должен иметь звуковую катушку с сопротивлением 8—9 *ом.* Для этой цели лучше всего подойдут громкоговорители типа 0,5ГД-17, 0,5ГД-20, 0,5ГД-21 и 1ГД-4, отличающиеся повышенной отдачей.

Источником питания должна быть достаточно мощная батарея емкостью 3—6 *а/ч* с начальным напряжением 9 *в.* Здесь можно использовать шесть элементов типа «373» («Марс»), включенных последовательно.

Теперь о трансформаторе *Тр.* Его можно использовать готовым, например от приемника «Атмосфера» первых выпусков, либо от телевизора «Юность». Если приобрести такой трансформатор не удастся, то его можно сделать самостоятельно, переделав с этой целью переходный трансформатор от одного из переносных приемников, например «Атмосфера-2», «Альпинист», а еще лучше от «Спидолы» или «ВЭФ-12». Переделка трансформатора сводится к разделению вторичной обмотки на две изоли-

рованные секции. Полярность включения вторичных обмоток должна соответствовать схеме (см. рисунок), где начало намотки обозначено точками.

Налаживание усилителя несложно и заключается главным образом в проверке правильности монтажа деталей, режимов работы транзисторов и регулировке общей отрицательной обратной связи.

Постоянные напряжения на электродах транзисторов измеряются относительно «плюса» питания вольтметром с входным сопротивлением 10—20 *ком/в* при отсутствии сигнала. Режимы транзисторов T_1 и T_2 в случае необходимости могут быть скорректированы путем подбора номиналов резисторов R_2 и R_6 соответственно. Симметрироваиие напряжения на общей точке резисторов R_{11} и R_{13} производится путем подбора номинала резистора R_{10} или R_{13}. В ряце случаев может оказаться достаточным простая перестановка указанных резисторов.

Первоначально цепь общей отрицательной обратной связи должна быть разомкнута, то есть резистор R_{16} должен быть отпаян. Связь восстанавливается только после проверки режимов работы транзисторов и прослушивания усилителя. И если после включения резистора R_{16} звук стал чище, хотя и тише, то это значит, что отрицательная обратная связь действует правильно и эффективно. Если это не так, то усилитель будет издавать неприятные звуки. В последнем случае необходимо изменить полярность включения первичиой обмотки трансформатора *Тр*.

В заключение следует указать, что описанный высококачественный усилитель НЧ можно с успехом применить в портативном приемнике или переносной радиоле. Можно также использовать для озвучивания электрической гитары.

РАЗЪЯСНЕНИЯ К СТАТЬЕ И. НИКИТИНА «ПРОСТОЙ КВ КОНВЕРТЕР», ОПУБЛИКОВАННОЙ В СБОРНИКЕ «В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ» № 31

На трубку из кальки длиной 56 *мм* с внутренним диаметром 4 *мм* и внешним 5 *мм* надевают две гильзы с катушками индуктивности L_1, L_2 и L_3. На одной гильзе намотана катушка L_1 — 55 витков и рядом или поверх нее наматывают L_2 в количестве 15 витков. На второй гильзе расположена катушка L_3, содержащая 55 витков (рис. 2). Короче говоря, L_1 и L_3 имеют по 55 витков.

Трубка в нижней части имеет вырез длиной 10 *мм* и глубиной 2,5 *мм* для прохода насечки грибка и зацепления за зубцы стержня настройки (рис. 5). В этот стержень вклеены сердечники (латунь, алюминий) диаметром 2,5 *мм* и длиной 14 *мм*. Сердечники выступают на 7 *мм* из торцов стержня настройки.

Стержень настройки вставляют в трубку с катушками и вклеивают в обойму, детали которой показаны на рис. 7 и 6. Вариометр в сборе показан на рис. 4.

Катушка L_4 — дроссель имеет сердечник из плоского ферритового стержня длиной 40, шириной 6 и толщиной 2 *мм*. Можно использовать кусок стержня длиной 40 *мм* круглого сечения от ферритовой антенны.

Можно в обойму вклеить две трубки, на которые намотать катушки L_1, L_2 и L_3.

СОДЕРЖАНИЕ

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 37

Редактор *Л. А. Енина*
Художественный редактор *Г. Л. Ушаков*
Технический редактор *М. А. Медведева*
Корректор *А. Г. Холоденко*

Г-75304. Сдано в набор 18. VI 1970 г. Подписано к печати 25. XII 1970 г. Изд. № 2/5702. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага типографская № 3. Тираж 290 000 экз. Цена 16 коп. Объем физ. п. л. 2,5=4,2 усл. п. л. Уч. изд. л. 3,8.
Издательство ДОСААФ. Москва Б-66, Ново-Рязанская ул., д. 26.

Комбинат печати издательства «Радянська Україна». Киев, Анри Барбюса, 51/2. Зак. 1056.